



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**

**STÉPHANIE MEDEIROS DE LIMA**

**ANÁLISE DA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLOS AO  
LONGO DA ENCOSTA NA SUB-BACIA DO RIACHO DO TIGRE- PB**

**JOÃO PESSOA – PB**

**2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS DA NATUREZA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**

**STÉPHANIE MEDEIROS DE LIMA**

**ANÁLISE DA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA DOS SOLOS AO  
LONGO DA ENCOSTA DA SUB- BACIA RIACHO DO TIGRE - PB**

Monografia apresentada como requisito para  
obtenção de nota na disciplina Pesquisa Geográfica, do curso  
de Bacharelado em Geografia da Universidade Federal da  
Paraíba para aferição de conceito avaliativo.

Orientador: Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza.

**JOÃO PESSOA – PB**

**2018**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

<p>L732a Lima, Stéphanie Medeiros de.                      Análise da Capacidade de infiltração de água dos solos                      ao longo da encosta na Sub-bacia Riacho do Tigre-PB / Stéphanie Medeiros de Lima. - João Pessoa, 2018. 85 f. : il.</p> <p style="text-align: center;">Orientação: Jonas Otaviano Praça de Souza. Monografia (Graduação) - UFPB/CCEN.</p> <p style="text-align: center;">1. Solos, Semiárido, Zoneamento Ambiental. I. Souza, Jonas Otaviano Praça de. II. Título.</p> <p>UFPB/CCEN</p>
---



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
COORDENAÇÃO DOS CURSOS DE GEOGRAFIA

Resolução N.04/2016/CCG/CCEN/UFPB

PARECER DO TCC

Tendo em vista que o aluno (a)

Stephanie Medeiros de Lima

(X) cumpriu ( ) não cumpriu os itens da avaliação do TCC previstos no artigo 25º da Resolução N. 04/2016/CCG/CCEN/UFPB somos de parecer (X) favorável ( ) desfavorável à aprovação do TCC intitulado:

Análise da Propriedade de Infiltração de Água dos Solos no Bacia da Encosta no Sub-lúcio Hidrográfico Riocho do Tigre - PB

Nota final obtida: 9,0

João Pessoa, 06 de Junho de 2018.

BANCA EXAMINADORA:

José Souza  
Professor Orientador

Professor Co- Orientador (Caso exista)

Bartolomeu Israel de Souza  
Membro Interno Obrigatório (Professor vinculado ao Curso)

José José da Silva  
Membro Interno ou Externo

## **AGRADECIMENTOS**

### **(À Deus, meu muito obrigado pelo início)**

Primeiramente agradeço aos meus pais, Silvana Sales e Dilermando Vieira, por todo apoio, amor e educação dedicados a mim durante esses 22 anos. E também aos meus irmãos Chrystian Gregório e Maria Clara Medeiros por toda parceria e apoio. Á eles, todo meu amor e meu muito obrigado.

Agradeço de forma especial também aos familiares que estiveram presentes diretamente durante toda minha formação de vida pessoal e acadêmica. Aos tios e tias, Dorinha Sales, Neyde Sales, Ana Paula Sales, Jerônimo Vieira, Lucas Vieira e Paulo Vieira. Á minha prima Adrielle Vieira e minha cunhada Daniele Moraes. Principalmente aos meus avós, José Maia *in memorian* , Eurídice Bandeira e Marlene Sales.

### **(À Deus, meu muito obrigado pelo meio)**

Agradeço aos meus amigos por toda paciência, carinho e cuidado, aos de infância, aos de EJC, aos do Gp.Mil.Treta e da universidade como um todo. A Jordânia Andrezza pelos 14 anos de amizade e tanto cuidado. A Juliana Gonçalves por uma amizade essencialmente sincera desde do JMCC. A Andressa Gonçalves, Eriziane Pontes e Joana Chaves juntamente com o restante do círculo Chamas de Amor por serem pontes diárias de Deus na minha vida e grandes amigos.

Agradeço a Matheus Fe. e a Sandro Silva por toda a amizade e carinho nesses 4 anos de curso, foram meu apoio constante. A Vinicius, Matheus P, Harisson, Paulo e Uriel por toda amizade, paciência e carinho (ou não) durante os 3 anos de curso, no caso, a vocês que são parte de um dos melhores grupos que WhatsApp já viu. A Joannes e Juliana por serem também tão importantes em várias fases desses 4 anos de curso. Á vocês meu amor e meu muito obrigado.

Agradeço a Helder Oliveira e Thiago Farias profissionalmente por esses 4 anos de curso, foram fundamentais apoio e incentivo na área que escolhi trabalhar. Não somente, mas pelas inúmeras parcerias em trabalhos e atividades de campo. Mas agradeço sobretudo pela amizade prestada a mim nesses anos a qual foi muito importante.

Agradeço a Fabio Vitorino e a Jonâtas Oliveira por toda amizade desde da formação do GEAFS. A vocês meu muito obrigado por todo apoio em tudo até aqui.

Agradeço de forma especial a minha turma, o P3 independente/sobreviventes (Wendell, Laise, Analice, Jadiele, Diego, Juliana, Joannes, Harisson, Paulo, Vinicius, Sandro, Matheus 1, Matheus 2, Thiago, Helder) que não poderia eu, querer diferente, pois não há outra mais unida e esforçada desses últimos períodos no curso. Sem eles, possivelmente a Geografia não teria tanta graça nesses últimos 4 anos. Por isso que falo: AMO MUITO essa turma que só tem MITOS.

Agradeço ao meu grupo de pesquisa de origem, O GEAFS (Grupo de Estudos em Ambientais Fluviais Semiáridos) por todo o aprendizado obtido durante esse tempo de formação. E todas as experiências de campo vividas.

Agradeço em especial, a Jonâtas, Helder, Leonardo, Kennia e Jeferson pelo apoio prestado em campo, por todo auxílio durante as coletas que precisei fazer. E pela paciência também durante os dias de campo.

Agradeço ao GESA pela oportunidade que tive de participar dos últimos campos do laboratório e todo o conhecimento que me foi permitido ter durante esse tempo que venho participando das atividades. Especialmente ao Professor Bartolomeu Israel de Souza pela permissão e aos convites de participar de trabalhos do grupo. Também agradecer a Eini, Stanley e Joseilson pelos inúmeros auxílios durante as atividades e pós também no que se refere ao laboratório.

Agradeço a todo corpo de professores do Curso de Bacharelado do Departamento de Geociências da UFPB, que fez parte da minha formação geográfica durante esses 4 anos. O qual foi essencial para esta formação.

Agradeço de forma especial, a todos aqueles que me acolheram durante todos os campos realizados ao Cariri paraibano, onde encontrei pessoas fantásticas e acolhedoras. Em especial as mulheres que trabalham na casa da prefeitura de São João do Tigre.

Agradeço também a Prefeitura de São João do Tigre- PB por oferecer e ceder diversas vezes uma casa de apoio para as atividades de campo ocorridas no município.

Agradeço em especial aos Professores Bartolomeu e José João, pela oportunidade dada de trabalhar com eles nesses últimos dois períodos e aprender tanto sobre meu objeto de estudo. Também agradecer, pela disponibilidade a qual se colocaram nas inúmeras vezes que precisei recorrer. Á eles, meu muito obrigado.

Agradeço em especial a professora Camila Cunico, por todo apoio profissional e pessoal, a qual me foi dado durante os últimos períodos do curso. Uma professora a qual tenho um enorme carinho e consideração e a quem eu devo muito do meu amadurecimento profissional. Á ela, meu muitíssimo obrigado!

Agradeço por fim, ao meu orientador e professor Jonas Otaviano, o qual foi nesses últimos 3 anos meu condutor e educador profissional dentro do curso. Sem dúvida toda sua orientação acadêmica para comigo me auxiliou a crescer como aluna e a visualizar as múltiplas opções que a Geografia oferece, principalmente no mercado de trabalho. Agradeço pelos “sims” e a confiança que me foi depositada em inúmeras circunstâncias, inclusive na reta final do trabalho de conclusão do curso. Á ele, meu muito obrigado por tudo.

E por fim, agradeço a Deus, e a minha Maria, por todo o caminho percorrido nesses 22 anos e por todos aqueles colocados nesse caminho. Á eles, minha eterna gratidão.

## RESUMO

Normalmente, o semiárido nordestino é visto como uma região seca, que oferece baixas condições de vida à população. Contudo, apesar do clima semiárido e a escassez de chuvas, há uma heterogeneidade de paisagens ou ambientes dentro do semiárido nordestino, que se distingue pelas características naturais do relevo, altitude e uso e ocupação do solo. Essas características necessitam de estudos mais detalhados e gestão ambiental, para que sejam tratadas conforme suas potencialidades ambientais reais. A área de estudo corresponde a Sub - Bacia hidrográfica do Riacho do Tigre que está localizada no município de São João do Tigre-PB, limitado geograficamente pelas coordenadas 08° 04' 45" S e 36° 50' 52 O, possui uma área de 816,116 km<sup>2</sup> (IBGE– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a capacidade física dos solos, para assim compreender quais são os potenciais dos solos encontrados na área em estudo, e como os resultados desta análise podem ser aplicados ao zoneamento. As metodologias utilizadas para a execução do trabalho são parte propostas pelo IBGE e pela EMBRAPA nos respectivos Manual Técnico de Pedologia e Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Uma outra parte da metodologia é proposta pelo Prof. Dr. Ruiz, da Universidade Federal de Viçosa – MG. Além das atividades de campo para coleta de dados, foi feito o levantamento de informações através de sensoriamento remoto. Após as análises e uniões de resultados, os perfis que apresentaram os Cambissolos indicaram melhor condutividade hidráulica em relação aos Neossolos, entretanto, a diferença de capacidade foi mínima entre eles. Todas as classificações encontradas foram identificadas de acordo com a literatura. Vistos os resultados obtidos, a textura e porosidade foram tidos como os principais fatores condicionantes da capacidade de infiltração dos solos.

**Palavras chaves:** Solos, Semiárido, Zoneamento Ambiental.



## **ABSTRACT**

Normally, the northeastern semiarid is seen as a dry region, which offers low conditions of life to the population. However, despite the semiarid climate and the rain scarcity, there is a heterogeneity of landscapes or environments within the northeastern semiarid, which is distinguished by natural characteristics of relief, altitude and land use and occupation. These characteristics require more detailed studies and environmental management, to be treated according to their real environmental potentialities. The study area corresponds to Riacho do Tigre hydrographic Sub – Basin, which is located in the municipality of São João do Tigre – PB, geographically limited by coordinates 08° 04 '45 "S and 36° 50' 52 W, has an area of 816,116 km<sup>2</sup> (IBGE - Brazilian Institute of Geography and Statistics). The objective of this work was to evaluate the physical capacity of soils, in order to understand the potential of the soils found in the study area, and how the results of this analysis can be applied to the zoning. The methodologies used to the execution of the work are part proposed by IBGE and EMBRAPA in the respective Manual of Pedology and Brazilian Soil Classification System. Another part of the methodology is proposed by Ruiz (2006). Besides the field activities for data collection, informations were acquired through remote sensing. After the analysis and results unions, the profiles that presented the Cambissolos indicated better hydraulic conductivity in relation to the Neossolos, however, the difference of capacity was minimal between them. All the classifications found were identified according to the literature. According to the results obtained, the texture and porosity were considered as the main conditioning factors of the soil infiltration capacity.

**Keywords:** Soils, Semiarid, Environmental Zoning

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1. Objetivo Geral .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2. Objetivos específicos.....</b>	<b>17</b>
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Sistemas Físicos Ambientais.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Paisagens Semiáridas.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 Zoneamento Ambiental .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4 Pedohidrologia.....</b>	<b>28</b>
<b>4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....</b>	<b>32</b>
<b>5.MATERIAIS E METODOS.....</b>	<b>42</b>
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>79</b>
<b>8. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>85</b>

## LISTA DE FIGURAS

- 1- Figura 01 - Percentual da água que entra no solo e que é perdido por percolação vertical e por evapotranspiração. Figuras representativas são mostradas para diferentes regiões climáticas
- 2- Figura02. Curvas de balanços hídricos sazonais para duas regiões de uma zona temperada: (a) uma região úmida e (b) uma semiárida;
- 3- Figura 03. Mapa de Localização da Bacia do Riacho do Tigre. Fonte: Stéphanie Lima,2016
- 4- Figura04. Mapa de Unidade de Paisagem da Bacia do Riacho do Tigre. Fonte: Vasconcelos, J. O.,2016
- 5- Figura 05. Unidades de Paisagem da Bacia do Riacho do Tigre. Fonte: Vasconcelos, J. O.,2016
- 6- Figura 06. Pé de Serra. Fonte: Stephanie Lima,20187- Figura 07. Pé de Serra. Fonte: Stephanie Lima,2018
- 7- Figura 07. Pedimento. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 8- Figura 08. Complexos de Serras. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 9- Figura 09. Área de Pedimento. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 10- Figura 10. Topo. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 11- Figura 11. Mapas Temáticos da Bacia Riacho do Tigre. Fonte: Vasconcellos, 2016
- 12- Figura 12. Mapa de Solos Detalhado da Bacia Riacho do Tigre. Stéphanie Lima,2016
- 13- Figura 13. Esquema de um permeâmetro de coluna vertical e carga constante (Ferreira, 2002).
- 14- Figura 14. Esquema do permeâmetro adaptado (Ferreira, 2002/ Lima,2018)
- 15- Figura 15. Tabela com Legenda da Simbologia da Ficha Técnica. Stéphanie Lima,2018.
- 16- Figura 16. Tabela com descrição da fórmula de Densidade Real. Stéphanie Lima,2018
- 17- Figura 17. Tabela com descrição da fórmula de Densidade Real. Stéphanie Lima,2018
- 18- Figura 18. Vegetação primária preservada no Topo Plano. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 19- Figura 19. Área mais elevada onde foi aberto o perfil. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 20- Figura 20. Serrapilheira. Fonte: Stéphanie Lima,2018

- 21- Figura 21. Ficha Técnica de Classificação de Solos Adpt. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 22- Figura 22. Perfil de Solo do Topo. Foto:Stéphanie Lima,2018
- 23- Figura23. Camada Solum. Foto:Stéphanie Lima,2018
- 24- Figura 24. Tabela de Cálculo de Densidade Real e Densidade de Partículas. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 25- Figura 25. Cálculo de Porosidade. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 26- Figura 26. Cálculo de Densidade Real dos Solos. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 27- Figura 27. Cálculo de Porosidade. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 28- Figura 28. Cálculo de Condutividade Hidraulica. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 29- Figura 29. Gráfico de Condutividade Hidráulica. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 30- Figura 30. Área do Topo. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 31- Figura 31. Vegetação predominante. Foto: Stéphanie Lima, 2018
- 32- Figura32. Declive no Sopé da Rocha. Foto: Stéphanie Lima, 2018
- 33- Figura33. Tabela de descrição de solos adapt. . Foto: Stéphanie Lima, 2018
- 34- Figura 34. Tabela de Densidade do Hor.A1.Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 35- Figura35. Tabela de Densidade do Hor.A1.Fonte: Stéphanie Lima,201836-
- 36- Figura 36. Resultado da Porosidade Total. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 37- Figura 37. Tabela de Densidade do Hor.A2.Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 38- Figura 38. Resultado da Porosidade Total. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 39- Figura 39. Tabela de Densidade do Hor.A3.Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 40- Figura 40. Resultado da Porosidade Total. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 41- Tabela de Densidade do Hor.A1.Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 42- Figura 42. Resultado da Porosidade Total. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 43- Figura 43 . Resultado da Porosidade Total. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 44- Figura 44. Gráfico de Condutividade Hidráulica. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 45- Figura 45. Vegetação degradada em volta do perfil aberto. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 46- Figura 46. Declive na Encosta. Foto: Stéphanie Lima, 2018
- 47- Figura 47. Ficha Técnica de Solos Adpt. Fonte: Stéphanie Lima,2018

- 48- Figura 48. Perfil de Solos da Encosta. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 49- Figura 49. Tabela de Cálculos de Densidade . Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 50- Figura 50. Cálculos de Porosidade . Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 51- Figura 51.. Tabela de Cálculos de Densidade. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 52- Figura 52. Cálculos de Porosidade . Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 53- Figura 53. Tabela de Cálculos de Densidade. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 54- Figura 54. Tabela de Cálculos de Densidade. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 55- Figura 55. Cálculo de Porosidade Total. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 56- Figura56.Gráfico de Condutividade Hidráulica. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 57- Figura 57. Vegetação na área de pedimento. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 58- Figura 58. Área de pedimento. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 59- Figura 59. Ficha Técnica de descrição de solos. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 60- Figura 60. Perfil do Pedimento. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 61- Figura 61. Tabela de Cálculo de Densidade. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 62- Figura 62. Cálculo da Porosidade Total. Fonte: Stéphanie Lima,2018
- 63- Figura 63. Gráfico de Condutividade Hidráulica. Fonte: Stéphanie Lima,2018

## **LISTA DE SIGLAS**

ZEE – Zoneamento Ecológico Econômico

ZSEE – Zoneamento Socioeconômico e Ecológico

ZAE – Zoneamento Agroecológico

MMA – Ministério do Meio Ambiente

DNER-ME – Departamento Nacional de Infraestrutura dos Transportes

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

VCAN - Vórtice Ciclônico de Altos Níveis

## INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino é comumente exposto como uma região seca, que chove pouco e oferece baixas condições de vida a população. Entretanto apesar do clima semiárido, há uma heterogeneidade de paisagens ou ambientes dentro do semiárido nordestino, que distingue as diversas generalizações criadas para o mesmo. De forma, que esses ambientes apresentam dinâmicas naturais que variam pela altitude, relevo, vegetação e uso e ocupação. Assim cada uma dessas paisagens apresenta potencialidades naturais diferentes também. Por isso a necessidade de analisa-las de forma detalhada.

No que tange a região do cariri oriental, que está inserida no semiárido nordestino, uma das problemáticas enfrentada pela população residente é a falta de água. A qual ocasiona muitas dificuldades a população quanto ao desenvolvimento da agricultura e criação de bovinos e caprinos, que são as principais atividades econômicas da região. Contudo, essas dificuldades não se dão apenas literalmente pela falta de água, mas também pelo uso e ocupação dos solos, pelas características naturais dos solos, além da falta de investimento e gestão ambiental nessa área. Em suma, é um conjunto de adversidades que compõe a problemática dessa região semiárida, não somente a falta de água ou a tão referida “seca”.

No presente estudo, compreender a paisagem é de extrema importância para dar suporte ao entendimento de como se deu a formação dos solos em determinada região, pois os solos é um elemento natural que tem sua formação condicionada praticamente por todos os outros elementos restantes da paisagem. Ou seja, é condicionado pelo clima, relevo, vegetação, geologia e até mesmo pelas modificações do homem através do uso inadequado. Portanto é necessário elencar todos os elementos de uma determinada paisagem ao se estudar solos ou até mesmo para contextualizar sobre uma região, para que o estudo não se torne genérico ou generalista (CAVALCANTI, 2014).

A necessidade de um estudo mais detalhado sobre os solos do semiárido paraibano direcionou o trabalho aqui apresentado. Uma vez que o estudo da pedologia é de extrema importância para um adequado uso e ocupação da terra, faz se necessário o aprofundamento na compreensão da dinâmica natural dos solos. Principalmente se tratando de uma região semiárida, onde a escassez de água é um dos problemas enfrentados pela população.

Dessa forma, escolheu trabalhar-se a partir da perspectiva do zoneamento ambiental, especificamente um zoneamento pedológico, já que o zoneamento ambiental

traz informações gerais acerca do potencial de uma determinada região. Neste caso, é chamado de zoneamento pedológico porque escolheu-se restringir a pesquisa a busca de informações pedológicas, tendo em vista de que somente essas informações já servem de base para futuros estudos sobre o uso e ocupação do solo e até mesmo de capacidade armazenamento de água (ROSS,2010).

Ao tratar de zoneamento ambiental, consideramos todos os aspectos da paisagem de um determinado lugar, ou região, incluindo os fatores antrópicos existentes. Considerando a área de estudo, é visto poucos zoneamentos ambientais para área, bem como poucos trabalhos detalhados interligados a caracterização ambiental da região. O que propicia o desenvolvimento de pesquisas voltadas ao tema e com o objetivo de beneficiar o auxílio da gestão ambiental na região.

Desse modo, embasado pela abordagem da Teoria Geral dos Sistemas, do conceito de Paisagem e do Zoneamento, o trabalho consiste de forma geral numa análise "pedohidrológica". Em que foi analisado a infiltração de água nos solos ao longo da encosta mediante ao escoamento superficial. Com o objetivo de avaliar a capacidade física dos solos, para assim compreender quais são os potenciais dos solos encontrados na área em estudo, e como os resultados desta análise podem ser aplicados ao zoneamento. Para fins de contribuir para o banco de dados físicos naturais da área correspondente.



## **OBJETIVOS**

### **1.1. Objetivo Geral**

O objetivo do trabalho consiste em analisar a capacidade de infiltração de água dos solos em ambiente semiárido, mais precisamente ao longo da encosta. O objeto de estudo é a sub-bacia hidrográfica do Riacho do Tigre.

### **1.2. Objetivos Específicos**

- Caracterizar a Morfologia dos Solos
- Analisar a Condutividade Hidráulica
- Analisar a Densidade do Solo
- Analisar a Densidade de Partículas

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1 - Sistemas Ambientais

Um sistema ambiental pode ser definido como uma estrutura que se estabelece na superfície terrestre, resultante da dinâmica de processos físicos/naturais e antrópicos, os quais tem origem da interação dos elementos da paisagem. Ou seja, da interação do clima, solo, relevo, águas e seres vivos, enquanto aos processos antrópicos são aqueles ligados a população, urbanização, industrialização, agricultura e mineração, entre outras atividades e manifestações humanas (AMORIM 2012).

Entre os primeiros estudos que envolviam princípios sistêmicos tiveram início no final do século XIX, na Rússia, quando Dokoutchaev, apud Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004), denominou de ciência da paisagem todo o complexo natural territorial, e a interação de componentes bióticos e abióticos que se desenvolvem no interior de um complexo sistêmico (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2004)

Outra contribuição russa na concepção de ambiente sob a perspectiva sistêmica, segundo Cavalcanti e Rodriguez (1997), foram os estudos de Borzov em 1908 e Berg em 1913, que definiram o termo *Landschaft* (paisagem), de maior penetração, e o definiram como uma região em que o relevo, o solo e a vegetação estão organizados formando um conjunto, e que este conjunto aparece de forma similar numa mesma zona geográfica.

Na Geografia, a aplicação da Teoria Geral dos Sistemas tem sua origem na década de 1950, nos estudos de Strahler e Choley. Na Geomorfologia, esta aplicação foi introduzida por Strahler, ao escrever que “um sistema de drenagem ajustado talvez seja melhor descrito como sistema aberto em estado constante” (CHRISTOFOLETTI, 1979, p.07).

Para Bertalanffy (1976), a Teoria Geral dos Sistemas tem por fim identificar as propriedades, princípios e leis característicos dos sistemas em geral, independentemente do tipo de cada um, da natureza de seus elementos componentes e das relações ou forças entre eles. Um sistema se define como um complexo de elementos em interação, influência essa de natureza ordenada (não fortuita). Tratando das características formais das entidades denominadas sistemas, a Teoria Geral dos Sistemas é interdisciplinar, isto é, pode ser usada para fenômenos investigados nos diversos ramos tradicionais da pesquisa científica (CHRISTOFOLETTI, 1979).

O princípio da organização dos sistemas é utilizado na concepção conceitual de Miller (1965) e Morin (1977). Para Miller (1965), sistema é um conjunto de unidades com

relações entre si. Neste contexto, a palavra conjunto implica que as unidades possuem propriedades comuns. O estado de cada unidade é controlado, condicionado ou dependente do estado das outras unidades. Desta maneira, o conjunto encontra-se organizado em virtude das inter-relações entre as unidades, e o seu grau de organização permite que assuma a função de um todo, que é maior que a soma de suas partes.

Para Christofolletti (1980), quando se definem os fenômenos como sistemas, uma das principais atribuições e dificuldades está em enumerar os elementos, seus atributos e suas relações a fim de apresentar com nitidez a abrangência do sistema. Cabe ressaltar que a totalidade dos sistemas que interessam ao geógrafo não atua de modo isolado, mas funciona dentro de um ambiente e faz parte de um conjunto maior, definido como universo.

Os Sistemas Ambientais Físicos são determinados pela dinâmica natural dos elementos da paisagem e pelo fluxo de matéria e energia que esses, recebem constantemente do meio natural. Segundo Mattos e Perez Filho (2004), baseados na concepção de Morin (1977), é necessário que se considere três aspectos na definição de sistemas: todo, partes e inter-relação. Para os autores, o sistema é como um todo organizado composto por elementos que se interrelacionam ganhando sentido. A simples interação entre os elementos não forma um sistema se não forem aptos a criar algo que funcione como um todo integrado. Por outro lado, não é possível compreender totalmente esse todo se não entendermos quais são suas partes e como elas se inter-relacionam.

Um Sistema Ambiental Físico estável pode ser definido a partir da sua capacidade de ajuste as características ambientais naturais (solos, relevo, clima, vegetação e geologia) do ambiente em que está inserido, e isto será o que caracterizará a dinâmica ou o comportamento desse sistema. A partir disso haverá sistemas que irá apresentar diferentes capacidades de ajustes. A capacidade de ajuste será a adaptação a mudanças da dinâmica natural, pois nem todo sistema possui estrutura adaptável. Essa estabilidade inclui as variações de energia e as trocas de matéria que o sistema recebe, a qual também é denominada de Equilíbrio Dinâmico (CHRISTOFOLLETTI, 1999).

O equilíbrio dinâmico corresponde a um estado de balanço entre forças opostas de modo que elas operem em taxas iguais e seus efeitos se anulem mutuamente para produzir o estado estável, no qual a energia está continuamente entrando e saindo do sistema. As forças opostas devem ser de vários tipos. Por exemplo, um leque aluvial estaria em equilíbrio dinâmico se os depósitos derramados da montanha atrás dele fossem depositados exatamente na mesma taxa em que foram removidos por erosão de superfície

do próprio leque. Similarmente, a vertente estaria em equilíbrio se o material lavado descesse a face e removesse os sedimentos desses topos, onde estariam sendo balanceados exatamente pela erosão (FIERZ, 2015)

A Teoria do Equilíbrio Dinâmico foi criada por Hack em 1960, a qual define os processos constantes que ocorrem na evolução do relevo em suas diversas formas e provocam a sua variação na dinâmica natural. Sua proposição considerou que um sistema de paisagem está sempre em direção a um estado de equilíbrio dinâmico e estável, independentemente do tempo, com possibilidades de predições, no qual um ajustamento se faria entre massas e energias, resultando um sistema de relevo em *steady state*, estado estável (FIERZ, 2015).

Para entender as variações nos processos ou estruturas do sistema é necessário que se compreenda a evolução ambiental. Dessa forma, é necessário que se compreenda a auto-organização do sistema, por consequência a capacidade de adaptação a mudanças na dinâmica natural do mesmo. O funcionamento dessa auto-organização é caracterizado a partir das forças de distúrbio, resistência, limiar de mudanças, retroalimentação, capacidade de ajuste e resiliência.

Por sua vez ressaltando a ideia de equilíbrio dinâmico podemos correlaciona-la com o processo de resiliência, apesar de resiliência se tratar de recuperação, ambas almejam um equilíbrio de acordo com as características originais do sistema. A auto-organização se correlaciona com a Capacidade de Ajuste, pois ambas tratam de adaptação do sistema a mudanças, ainda que sejam de viés diferentes. E a resistência definirá os limiares de mudança, uma vez que a capacidade de resistir a mudanças de um sistema irá definir seus limites os quais até onde vão ou não sofrer modificações (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Em suma o Sistema Ambiental Físico é composto de energia e matéria. Os subsistemas gerados em decorrência da interação desses componentes são dessa forma postos em uma estrutura hierárquica de subsistemas. Que diz respeito a ordem dos fatores os quais geram a dinâmica do sistema como um todo. Assim essa estrutura pode ser melhor compreendida de acordo com os níveis escalares escolhidos.

Christofolleti (1999), propõe, portanto, 3 níveis de escala (Escala do tempo geológico, a escala do tempo histórico, e a escala do tempo presente) para análise do sistema. Enquanto Quaresma (2008) propõe uma análise com quatro escalas, acrescentando a escala do tempo futuro.

A análise integrada das quatro escalas fundamentais vem sendo utilizadas em estudos voltados à compreensão da estrutura, dinâmica e organização dos Sistemas Ambientais, principalmente em trabalhos relacionados ao planejamento ambiental.

A primeira trata da escala do tempo Geológico, ou da Natureza. Os elementos naturais estão inter-relacionados, sendo que seus processos e formas existentes na organização físico/natural se manifestam em uma escala de tempo que lhe é própria e diferente da escala de tempo dos fenômenos inerentes ao Sistema Antrópico. Esta escala corresponde à escala de formação e organização dos diversos Geossistemas. É nesta escala que se processam os fenômenos naturais como a formação dos solos, o desenvolvimento dos diferentes biomas etc. É nesta escala que a natureza se reorganiza frente às modificações, principalmente climáticas ou morfotectônicas (CHRISTOFOLLETI, 1999).

A segunda é a escala do tempo histórico. Inicia-se com a presença do homem, não do pré-histórico nômade e coletor, mas a partir do surgimento das grandes civilizações, quando, por meio do desenvolvimento técnico, o homem torna-se capaz de alterar, como nunca antes visto, elementos e fenômenos pertencentes ao sistema físico-natural, em uma tentativa de reduzir seus obstáculos e de controlá-los. A escala do tempo histórico surge em um momento avançado da escala de tempo da natureza e constitui um período de tempo mínimo em relação à extensão desta. Tais escalas não devem ser concebidas de maneira estanque e linear, ou seja, não se deve pensar que no momento em que uma termina, a outra começa. Há uma coexistência de tais escalas no tempo, a partir do momento em que a escala do tempo histórico surge (CHRISTOFOLLETI, 1999).

A terceira escala é a do tempo presente, que se caracteriza pelo fato de o Sistema Antrópico, nas últimas décadas (em especial pós Segunda Guerra e mais precisamente no pós década de 70 do século XX), ter atingido grande desenvolvimento técnico. Este período equivale ao que Richta (1968) e posteriormente Santos (2002) apontaram como aquele que se distingue de seus antecessores pela profunda inter-relação da ciência, da técnica e da informação, o que permitiu ao mercado tornar-se global (CHRISTOFOLLETI, 1999).

A quarta é a escala do tempo futuro, que se refere aos eventos que ocorrerão no futuro real. Nas análises e estudos em Geografia, trata-se das previsões científicas de eventos, fenômenos, processos, formas e organizações espaciais que poderão existir, por meio de geração de modelos, cenários, dentre outros. O papel do geógrafo nesta escala é fundamental, pois a construção dos modelos, a elaboração dos planos diretores, zoneamentos ambientais e/ou outros instrumentos de projeção futura devem estar atentos

tanto à dinâmica pretérita do ambiente quanto à sua dinâmica atual e às possíveis alterações que os sistemas possam sofrer com as mudanças nos fluxos de matéria e energia, e/ou alterações-inserção de novos elementos nos sistemas (QUARESMA, 2008).

## **2- Paisagens Semiáridas**

A paisagem veio a ganhar uma ênfase maior no final do século XIX e início do século XX com a divisão das ciências sociais, com as ciências da natureza, no qual o desafio seria a estruturação de um novo olhar sobre o mundo (VITTE, 2007). Via-se a necessidade de compreender a paisagem além de como um objeto de estudo da arte, da pintura especificamente, mas sim como objeto de estudo da ciência o qual representaria de forma integrada os processos e dinâmicas do meio natural.

O conceito de paisagem, dessa forma, pode ser definido como uma construção física superficial, resultante ou não de processos naturais, podendo ser produto das ações antrópicas. Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004, p18) afirmam que uma paisagem é definida como um conjunto interrelacionado de formações naturais e antropogênicas e que possui, além de uma estrutura (forma e arranjo espacial), um conteúdo dinâmico e evolutivo.

Para Cavalcanti (2014), a paisagem vai além do estético e perceptivo, é também fenômeno geoecológico e cultural. As paisagens são unidades geoecológicas resultante da interação complexa de processos naturais e culturais. De forma que as paisagens podem ser modificadas de acordo com o interesse da sociedade, por isso será considerada cultural. Paisagens acumulam históricos naturais e culturais. As paisagens apresentam grande variedade ao longo da superfície terrestre, o que ocorre em função de diversos fatores de diferenciação (clima, tectônica, relevo etc.), também variando ao longo do tempo.

A paisagem, considerada um sistema dinâmico, é composta por elementos com temporalidades distintas, ou *polissistemas*, segundo Cherkashin (2008). É possível então medir a idade da paisagem como a época em que a invariante se formou. Uma mudança na invariante significa uma *evolução* da paisagem, enquanto que as alterações nas variáveis de estado representam a *dinâmica* dos geossistemas. Traduzindo, para a geografia física, uma unidade geomorfológica (forma+estrutura superficial) corresponde à invariante do geossistema, enquanto os processos e elementos pedoedáficos, ecológicos, hídricos e atmosféricos representam as variáveis de estado (CAVALCANTI, 2014).

Considerando a paisagem como uma entidade global, admite-se implicitamente que os elementos que a constituem participam de uma dinâmica comum que não corresponde obrigatoriamente à evolução de cada um dentre eles tomados separadamente. Somos levados então a procurar os mecanismos gerais da paisagem, em particular no nível dos geosistema e dos geofácies.

A geomorfogênese condiciona então a dinâmica de conjunto desse geosistema e domina o “sistema de evolução” da paisagem. O sistema de evolução de uma unidade de paisagem, de um geosistema, por exemplo, reúne todas as formas de energia, complementares ou antagônicas que, reagindo dialeticamente umas em relação às outras, determinam a evolução geral dessa paisagem. O sistema de evolução se define por uma série de agentes e de processos mais ou menos bem hierarquizados (BERTRAND, G, 2004).

Ao se tratar de paisagem, suas dinâmica e transformações, no que se refere a área de estudo do presente trabalho, é preciso considerar que o ambiente está inserido na região semiárida brasileira. Dessa forma possui um regime dinâmico e evolutivo diferenciado, se comparado aos outros tipos de ecossistemas no território nacional. (AB’SÁBER, 1999)

A região semiárida brasileira é a maior do mundo e tem uma área de 982.566 Km<sup>2</sup>, que corresponde a 18,2% do território nacional, correspondendo a 53% da região Nordeste e abrange 1.133 municípios. A população do Semiárido é de cerca de 22 milhões de habitantes e dela faz parte a maior concentração de população rural do Brasil. (AB’SÁBER, 1999).

A dinâmica hidrológica da paisagem é marcada por certos eventos, tanto de magnitude global/regional, quanto local que influenciam as características pluviométricas do semiárido, dentre os globais regionais estão o ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), no qual o encontro dos ventos alísios na linha do Equador, forma um cinturão de nuvens ocasionando chuvas (principalmente convectivas) nas regiões adjuntas em que atua e acaba se tornando a grande geradora de chuvas nas regiões semiáridas brasileiras; o ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) que é uma região em que a umidade atua em níveis baixos e médios, em que uma faixa no sentido noroeste/sudeste corta o Brasil. É associada a abundante nebulosidade e precipitação que atua principalmente entre os meses de outubro a abril; e o VCAN (Vórtice Ciclônico de Altos Níveis) que é um sistema com baixa pressão atmosférica, e se forma entre 5 e 13 quilômetros de altitude, que tanto inibir quanto causar chuvas dependendo do local onde é formado (LABMET, 2016).

A caatinga, que ocupa a maior parte do Semiárido, é o único bioma exclusivamente brasileiro e apresenta enorme variedade de paisagens, com riqueza biológica e endemismo, mas sofre com a sua continua devastação (AB'SÁBER, 1999). As precipitações pluviométricas são muito irregulares com médias anuais variando na faixa de 400 a 800 mm. Já as temperaturas são relativamente estáveis com média anual na faixa de 24° a 26° C, podendo ser atenuadas nas áreas mais elevadas para uma média ao redor de 22° C (JACOMINE, 1996; SILVA et al., 1993; BRASIL, 1972; BRASIL, 1973). Nesse ambiente a evaporação média anual situa-se ao redor de 2000 mm (SÁ e SILVA, 2010).

A Caatinga compreende uma área aproximada de 734.478 Km<sup>2</sup>, que representa cerca de 70% da região Nordeste e 11% do território nacional é uma das mais distintas regiões fitogeográficas brasileiras. Abrange seis estados do Nordeste, que são: Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, oeste e sudoeste do Piauí e Nordeste da Bahia (ANDRADE-LIMA, 1954).

A composição florística das caatingas não é uniforme e varia de acordo com o volume das precipitações, da qualidade dos solos, da rede hidrológica e da atividade de seus habitantes. O xerofitismo, característica dessa vegetação, é básico para a morfologia das espécies componentes. As folhas, em sua maioria pequenas, desaparecem durante as estiagens. Essa característica constitui em um dos meios mais eficazes de autoproteção das plantas na falta de umidade do solo (FERNANDES, A. 2003).

Os acontecimentos paleoclimáticos, os aspectos geomorfológicos, os padrões vegetacionais e os registros florísticos servem como valiosas fontes de conhecimento da área onde predominam as caatingas. Possíveis incursões da floresta Atlântica durante o Quaternário, poderiam ser explicadas como uma contiguidade das áreas florestais (RIBEIRO, 2002).

Ao se tratar de sistemas ambientais, a exemplo do semiárido trabalhado aqui, é importante que se identifique as unidades de paisagens neles presente para que se compreenda o resultado das interações dos elementos pertencentes a regiões semiáridas. Assim, entendendo seus processos e dinâmica natural. Por isso com base no Zoneamento Agroecológico do Nordeste (SILVA et al., 1993) e feitas algumas adaptações para atingir os fins práticos deste estudo, a região de domínio do bioma caatinga foi desmembrada nos seguintes compartimentos: (1) Depressão Sertaneja; (2) Bacia do Jatobá-Tucano e similares; (3) Superfícies Cársticas; (4) Planalto da Borborema; (5) Tabuleiros Costeiros;



(6) Dunas Continentais; (7) Chapadas; (8) Mar de Morros; e (9) Várzeas e Terraços Aluvionares (COELHO,2011).

A região semiárida exibe uma variabilidade ambiental relativamente grande, sobretudo no que diz respeito aos materiais geológicos e ao relevo, e também, algumas variações importantes com relação ao clima. Em função dessa variabilidade, destacam expressivas diferenciações de solos nos ambientes que integram a superfície ocupada pelo bioma caatinga.

Na Depressão Sertaneja, que corresponde a uma das paisagens mais expressivas e secas do bioma caatinga, destacam-se solos pouco profundos e rasos. Nessa paisagem, além das condições climáticas muito restritivas para atividades agrícolas, ainda se tem restrições relativas à presença marcante de pedregosidade e/ou de rochosidade, riscos de erosão e riscos de salinização que já ocorre de forma natural. As áreas mais favoráveis para fins de uso agrícola restringem-se aos ambientes onde ocorrem coberturas pedimentares sobre rochas cristalinas (COELHO,2011).

No Planalto da Borborema, conforme o contexto geológico e as ligeiras variações de umidade em função, principalmente, da altitude e do relevo, destacam-se solos que incluem Planossolos, Neossolos Regolíticos, Neossolos Litólicos e Argissolos Vermelho-Amarelos e Vermelhos. Entre estes, os mais favoráveis para fins de uso agrícola são os Argissolos e Neossolos Regolíticos.

No ambiente dos Tabuleiros Costeiros os sedimentos são muito intemperizados e tipicamente cauliníticos. Daí porque os solos desenvolvidos nesses sedimentos são de baixa fertilidade natural. Os mais dominantes são os Argissolos Amarelos e Latossolos Amarelos, que tipicamente apresentam o fenômeno da coesão natural. Destacam-se ainda áreas onde os Neossolos Quartzarênicos são solos importantes (COELHO,2011).

Nos domínios das chapadas, onde se destacam as caatingas, os sedimentos são dessaturados de bases, cauliníticos, e os solos mais importantes são os Latossolos e, em menor proporção, os Neossolos Quartzarênicos. São ambientes propícios para o desenvolvimento de atividades agrícolas, mas depende do uso de tecnologias para as correções necessárias ao solo visando suprir nutrientes às culturas. Onde ocorrem os domínios de mares de morros inseridos no semiárido a vegetação da caatinga é menos seca e os solos mais importantes incluem Latossolos, Argissolos, Cambissolos e, em menor proporção, os Neossolos Litólicos. As principais limitações desses ambientes para fins de uso agrícola dizem respeito ao relevo movimentado, impedimentos à mecanização, riscos de erosão e alguns solos rasos(COELHO,2011).

Por fim, as Várzeas e Terraços Aluvionares são ambientes com solos recentes que incluem predominantemente Neossolos Flúvicos e baixas proporções de Cambissolos Flúvicos. Tais solos predominantemente apresentam uma boa fertilidade natural e os agricultores familiares preferencialmente cultivam essas áreas. Entretanto, vale salientar que são ambientes onde os solos podem ser salinizados facilmente pelo manejo incorreto dos mesmos. Também são áreas com riscos de inundação (COELHO,2011).

### 3– Zoneamento Ambiental

O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), foi regulamentado pelo decreto 4.297 de 10/07/2002 para ser, obrigatoriamente, aplicado na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas de gestão dos territórios. Definido como instrumento de planejamento ambiental, é considerado uma medida para a preservação ambiental dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, com base no desenvolvimento sustentável, assim assegurando a melhoria das condições de vida da população de dada localidade (SILVA, et al, 2013).

A eficácia do ZEE irá depender diretamente da base de dados locais que possibilite a análise mais detalhada da realidade socioeconômica e ambiental. Para (SILVA, et al, 2013) um ZEE deve se constituir, na prática, como um instrumento que busque maior eficiência na gestão dos recursos socioeconômicos e ambientais nos territórios e a capacidade de estes gerarem/manterem atrativos plurais para investimentos produtivos diretos, de ordem pública e privada. No geral, há pouco investimento em levantamento de dados ambientais, bem como dar-se pouca atenção ao planejamento ambiental. Um ZEE, segundo Santos (2004), pode servir de subsídio para a formulação de políticas territoriais voltadas para a proteção ambiental, a melhoria das condições de vida da população e a redução dos riscos de perda de capital natural.

Segundo o MMA (Ministério do Meio Ambiente) além do zoneamento ecológico-econômico (ZEE), há outros tipos de zoneamento que têm adquirido destaque para a formulação de uma série de políticas. Dentre esses zoneamentos, podem ser mencionados: **Zoneamento ambiental (ZEE), Zoneamento socioeconômico-ecológico (ZSEE), Zoneamento agroecológico (ZAE), Zoneamento agrícola de risco climático, Zoneamento industrial, Zoneamento urbano, Etnozoneamento.**

Da perspectiva geográfica, é importante ter a compreensão de paisagem para a construção do ZEE, a qual possibilita uma visão sistêmica e representativa da dinâmica

natural e antrópica do meio ambiente. Segundo ROSS, é necessário a elaboração de diagnósticos ambientais para que se respeite a dinâmica ambiental do espaço determinado. E que dessa forma as modificações realizadas pelo homem no ambiente sejam menos invasivas e causem menos interferência.

Dessa forma, é necessário identificar inicialmente as unidades de paisagens naturais existentes na área determinada para o estudo. As unidades de paisagem irão se diferenciar pelo relevo, clima, cobertura vegetal, solos ou até mesmo pelo arranjo estrutural e do tipo de litologia ou apenas um desses componentes. Fica evidente a importância do entendimento da dinâmica das unidades de paisagens onde as formas do relevo se inserem como um dos componentes de muita importância e torna-se necessário entender o significado da aplicação dos conhecimentos geomorfológicos ao se implantar qualquer atividade antrópica de vulto na superfície terrestre (ROSS,2010).

Na subdivisão feita por Cavalcanti (2016)), para o semiárido brasileiro, ele subdividiu em quatro grupos de paisagens principais: *Terras Altas com Caatingas Hipoxerófilas*; *Terras Altas com Transição e/ou Enclaves Vegetacionais*; *Terras Baixas com Caatingas Hiperxerófilas* e; *Terras Baixas com Transição e/ou Enclaves Vegetacionais*. Os seguintes subgrupos são identificados para as Terras Altas: em colinas sobre o cristalino; em colinas sobre sedimentos; em colinas sobre rochas sedimentares; em patamares escalonados sobre o cristalino; em patamares sobre rochas sedimentares; para as Terras Baixas, os seguintes subgrupos de paisagens figuram no mapa: em pedimentos; em inselbergs, colinas e piemontes cristalinos; em glaciais; em dunas e colinas sobre sedimentos; em dunas, planícies, rampas e glaciais de acumulação; em colinas sobre rochas sedimentares.

#### **4 - Pedohidrologia**

Uma das funções que a água exerce é a de agente modelador do relevo da superfície terrestre, controlando tanto a formação de solos e mantos de rochas, bem como influenciando em suas dinâmicas e propriedades naturais. O caminho dos fluxos superficiais da água determinam os mecanismos erosivos-deposicionais e resultam da interação dos diversos fatores bióticos (flora e fauna) , abióticos (clima, rocha, solo e posição topográfica) e antrópicos (uso do solo). Alterações na composição destes fatores podem induzir as modificações significativas na dinâmica espaço temporal, dos processos hidrológicos atuantes nas encostas (COELHO NETTO, 2011).

No que se refere a relação solo x água, o solo se comporta como condutor da água, e isto considerando todo seu sistema natural que inclui as atividades biológicas, ar, sólidos minerais e ou sua composição química. Cada tipo de solo possui propriedades físicas e químicas que se diferem mediante as características ambientais locais. O que significa que a capacidade de infiltração dos solos se diferenciarão de acordo com essas características. (COELHO NETTO, 2011)

Os solos determinam o volume do escoamento da chuva, a sua distribuição temporal e as descargas-máximas, tanto em superfície como um subsuperfície. Já que o deslocamento da água sobre a superfície é mais rápida, tornando mais lento o fluxo subterrâneo (COELHO NETTO, 2011). À medida que a água infiltra pela superfície, as camadas superiores do solo vão-se umedecendo de cima para baixo, alterando gradativamente o perfil de umidade. Parte dessa água é transferida para a atmosfera por evaporação direta ou por transpiração dos vegetais (SILVEIRA *et.al*, 1997).

A vegetação tem como uma de suas funções interceptar parte da água das chuvas pelo armazenamento de água nas copas das árvores arbóreas e ou arbustivas, de onde é perdida para a atmosfera por evapotranspiração após as chuvas. Quando a chuva é excessiva a demanda da vegetação, a água atinge o solo por meio das copas, e do escoamento pelos troncos. Uma outra parte é armazenada na porção extrema superior do solo que comporta os detritos orgânicos que caem da vegetação ( folhas, galhos, sementes e flores) e é denominada serapilheira (COELHO NETTO, 2011)

A condutividade hidráulica de um solo argiloso pode ser maior que a de um solo arenoso, quando ambos estão num estado não saturado. Em um solo argiloso a condutividade hidráulica decresce mais suavemente, porque os poros têm um tamanho médio reduzido e maior quantidade deles permanecem cheios mais tempo, mantendo a condutividade de saturação em grande parte do solo (SILVEIRA *et.al*, 1997).

A capacidade da água de influenciar tantos processos do sistema solo é determinada de forma fundamental pelo tipo de estrutura da molécula de água. O fenômeno da ligação de hidrogênio explica as duas forças básicas responsáveis pela retenção e movimento da água nos solos: a atração das moléculas de água umas pelas outras (coesão) e a atração das moléculas de água por superfícies sólidas (adesão). As forças de adesão e de coesão tornam possível para os sólidos do solo reter água e controlar o seu uso e movimento. A adesão e coesão também tornam possível a plasticidade, que é uma das características das argilas (WEIL,R.R *et.al*, 2013).

A influência da matéria orgânica merece uma atenção especial, pois a capacidade de água disponível de um solo mineral bem drenado contendo 5% de matéria orgânica é geralmente maior do que a de um solo idêntico com somente 3% de matéria orgânica. Várias evidências sugerem que a matéria orgânica do solo afeta, direta e indiretamente, a sua disponibilidade de água. A matéria orgânica e outras substâncias atuam como cimentantes entre as partículas individuais, favorecendo a formação de torrões e agregados do solo (WEIL,R.R et.al, 2013).

Os processos físico-químicos de formação dos agregados estão associados principalmente com as argilas e, portanto, tendem a ser mais importantes em solos de textura fina. Em solos arenosos, que têm pouca argila, a agregação é quase inteiramente dependente de processos biológicos. Os mais importantes processos físico-químicos são: a floculação, ou a atração mútua entre argila e as moléculas orgânicas, e a expansão e a contração das massas de argila (WEIL,R.R et.al, 2013)

Um solo bem agregado tem um maior volume de poros total e maior capacidade geral de retenção de água do que um com agregação pobre ou que tenha sido compactado. A agregação do solo aumenta sobretudo, os poros entre os agregados relativamente grandes, nos quais a água é retida com pouca tensão. Em contraste, um solo compactado reterá menos água total, a maior parte a qual será firmemente retida nos poros de pequeno e médio porte (WEIL,R.R et.al, 2013).

O tamanho e o tipo dos poros do solo vão influenciar a sua, condutividade hidráulica. A taxa de vazão total nos poros do solo é proporcional à quarta potência dos seus raios; sendo assim, o fluxo através de um poro de 1 mm de raio é equivalente ao de 10.000 poros com um raio de 0,1 mm. Como resultado, os macroporos (raio > 0,08 mm) respondem por quase todo o movimento da água em solos saturados (WEIL,R.R et.al, 2013).

A presença de bioporos, criados pelas raízes e por, tem uma influência marcante na condutividade hidráulica saturada dos diferentes horizontes do solo. Os *solos* arenosos, por terem normalmente mais espaço de macroporos, têm condutividades hidráulicas saturadas maiores do que os argilosos. A condutividade saturada de solos cobertos por vegetação perene é normalmente maior do que aqueles anualmente cultivados (WEIL,R.R et.al, 2013).

Os vegetais e os seus resíduos, que sempre permanecem à superfície do solo nas pradarias e densas florestas, protegem os agregados porosos do solo contra a ação desagregadora das gotas de chuva, favorecendo a infiltração de água e reduzindo a

probabilidade de o solo ser carregado por qualquer água que possa escoar. Em geral, em pouco escoamento superficial ocorre em terras com florestas nativas ou gramados bem manejados. A título de exemplo, uma prática que pode melhorar muito a infiltração da água é o plantio de culturas de cobertura entre as principais estações de plantio; tal prática pode fazer com que as raízes abram canais, incentivando a atividade das minhocas e protegendo assim a estrutura mais superficial do solo (WEIL,R.R et.al, 2013).

As fortes chuvas, mesmo de curta duração, podem fornecer água mais rapidamente do que a maioria dos solos consegue absorvê-las. Isso explica o fato de que, em algumas regiões áridas, uma tempestade incomum, que derrama de 20 a 50 mm de água em poucos minutos, pode resultar em sulcos de erosão e inundações. Uma maior quantidade de água de chuva menos intensa e distribuída em vários dias poderia se movimentar mais lentamente no solo, aumentando assim a sua água armazenada e disponível para absorção pelas plantas, bem como poderia abastecer os lençóis subterrâneos subjacentes. (WEIL,R.R et.al, 2013).

As consequências das chuvas variam bastante conforme os atributos inerentes ao solo. Se ele é solto e poroso, uma elevada proporção de água pode se infiltrar, e relativamente pouca vai escoar sobre sua superfície. Em contraste, solos argilosos com agregados instáveis dificultam a infiltração e facilitam o escoamento. Outros fatores que influenciam o equilíbrio entre a infiltração e o escoamento incluem a declividade do terreno e as camadas impermeáveis dentro do perfil de solo (WEIL,R.R et.al, 2013)

Em uma região semiárida, da mesma forma que em uma úmida, a água pode ser armazenada no solo durante os meses de inverno, para depois ser usada no verão a fim de satisfazer o déficit de umidade( figura 02). Mas, por causa da baixa pluviosidade, pouco escoamento e essencialmente nenhuma percolação ocorrem no perfil ( figura01 ). A água pode se mover para os horizontes mais inferiores, mas, antes que isso aconteça, é absorvida pelas raízes das plantas-para, finalmente, se perder por transpiração (WEIL,R.R et.al, 2013).

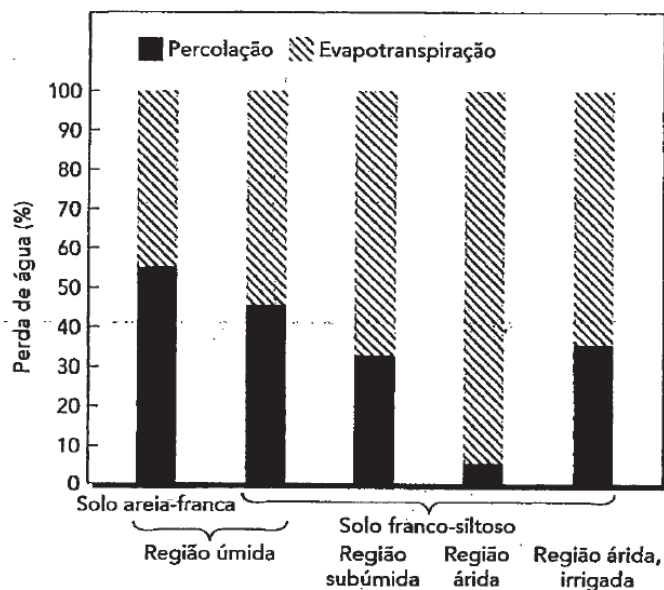


Figura 01. Percentual da água que entra no solo e que é perdido por percolação vertical e por evapotranspiração. Figuras representativas são mostradas para diferentes regiões climáticas. Fonte: (WEIL,R.R et.al, 2013)

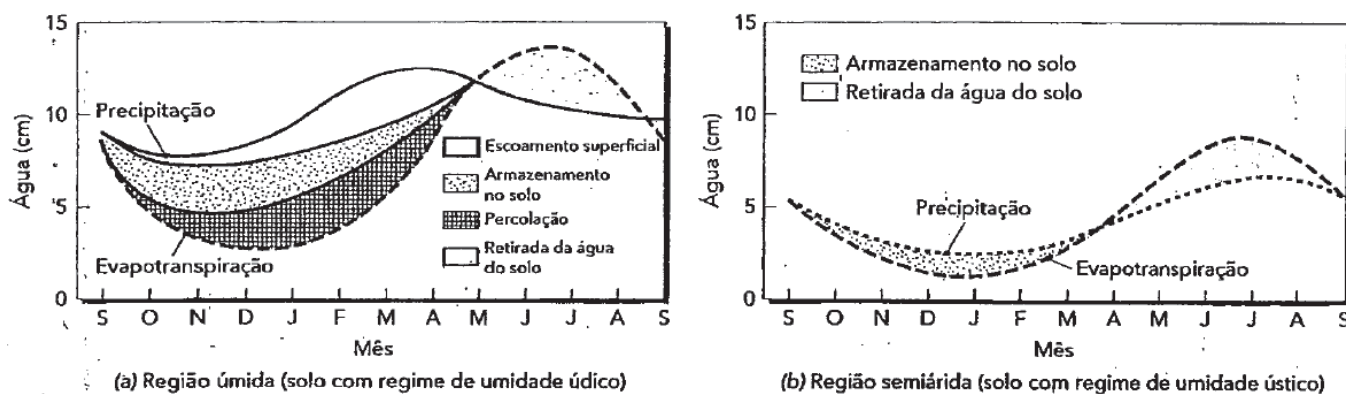


Figura02. Curvas de balanços hídricos sazonais para duas regiões de uma zona temperada: (a) uma região úmida e (b) uma semiárida. Observe que a ET real mostrada é influenciada pela água disponível que esteve armazenada no solo. A evapotranspiração potencial (ETP), não mostrada, seria muito mais elevada, especialmente em (b). A percolação através do solo não acontece nesta região semiárida. Nos dois exemplos, a água, depois de armazenada no solo, é liberada quando a ET excede a precipitação. Fonte: (WEIL,R.R et.al, 2013)

Em suma, a textura e a estrutura do solo ajudam a determinar a capacidade do solo de reter e conduzir a água e o ar necessários para sustentar a vida. Esses fatores também determinam como o solo se comporta quando mobilizado pelo cultivo ou quando usado na construção de estradas ou edificações. Mais ainda, as propriedades físicas, devido à influência que exercem na movimentação da água que entra ou sai dos solos, também condicionam consideravelmente a destruição do solo pela erosão (WEIL,R.R et.al, 2013).

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo corresponde a Sub - Bacia hidrográfica do Riacho do Tigre (Figura 03) que está localizada no município de São João do Tigre-PB, limitado geograficamente pelas coordenadas 08° 04' 45" S e 36° 50' 52", possui uma área de 816,116 km<sup>2</sup> (IBGE– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

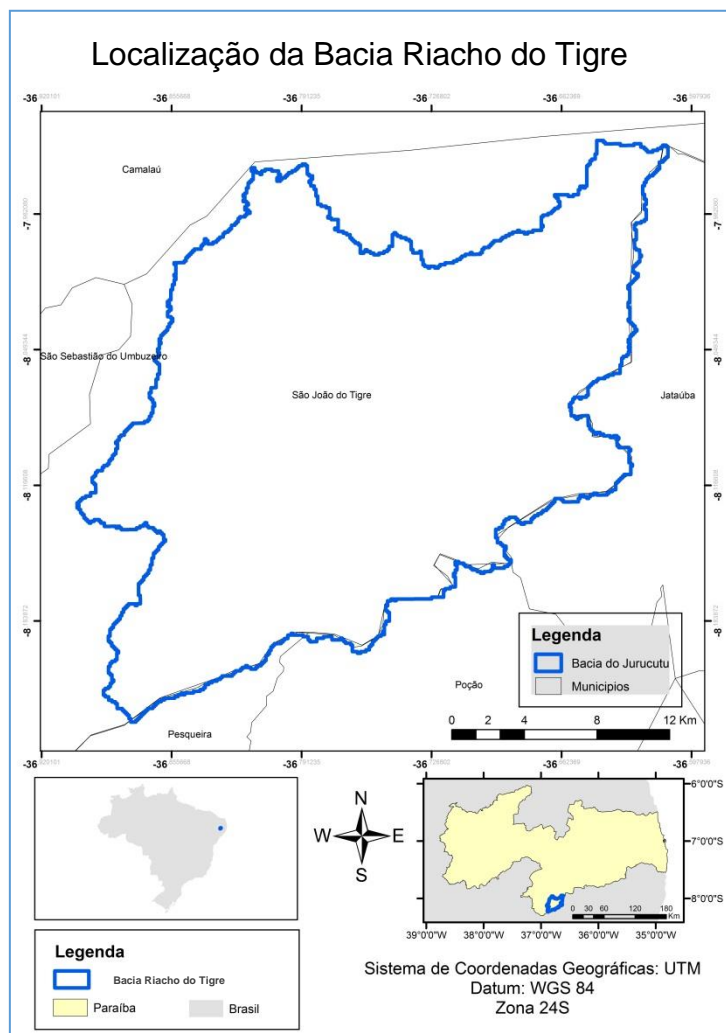


Figura 03. Mapa de Localização da Bacia do Riacho do Tigre. Fonte: Stéphanie Lima, 2016

Considerando as condições de uma região pertencente ao semiárido brasileiro, a o clima é o tropical semiárido (Bsh), caracterizado por uma pluviometria que se concentra em um só período (3 a 4 meses), com médias anuais situadas entre 250 e 900 mm, irregularmente distribuída. As temperaturas médias anuais são relativamente elevadas, 25°C a 27°C, e a insolação média é de 2.800 horas/ano. A umidade relativa do ar é de cerca de 50% e as taxas médias de evaporação são em torno de 2.000 mm/ano (NASCIMENTO, 2013).

A sub-bacia hidrográfica Riacho do Tigre, se constitui a sul do Planalto da Borborema, caracterizada por um relevo predominantemente suave-ondulado. E está



inserida no Alto Curso do rio Paraíba, localizado no Cariri paraibano, apresentando cerca de 564 km<sup>2</sup> de extensão, com variação altimétrica de 500m até 1100m.

No que se refere as unidades de paisagens identificadas na bacia, segundo (VASCONCELOS et.al, 2016), as unidades de paisagens presentes na bacia do Riacho do Tigre são elas: Pedimento, Pé de Serra, Encosta Íngreme, Serras e Área de Topo Plano. Segue abaixo o mapa de unidades de paisagem da sub-bacia Riacho do Tigre.



Figura 04. Mapa de Unidade de Paisagem da Bacia do Riacho do Tigre. Fonte: Vasconcelos, J. O., 2016

Nas áreas de Pedimentos há predominância de superfície plana e de baixa altitude, foram identificadas a vegetação de caatinga arbustiva arbórea aberta, e as respectivas classes de solos: os Neossolos Litólicos Eutróficos e Luvisolos em menor proporção, e com declividade até 8%. Nas áreas de Pé de Serras foram identificados apenas a classe de solos: Neossolos Litólicos Eutróficos. Quanto a vegetação há predominância de caatinga arbustiva arbórea fechada e arbórea aberta. Nesta Unidade apresenta uma declividade entre 8% a 20%. Nas encostas íngremes as áreas são mais preservadas. Nestas áreas também o alto grau de declividade vai de 20,01% a 114,7%. A vegetação é praticamente toda composta por caatinga arbustiva arbórea fechada. E o solo

predominante é o Neossolos Litólitos Eutróficos. (VASCONCELOS et.al, 2016). Nas áreas denominadas Cristas há grande variação de declividade de 08,01% até 114,7%, os solos predominantes são o Neossolo Litólito Eutrófico e o Luvisolos. No tocante a vegetação é composta por caatinga arbustiva arbórea fechada (VASCONCELOS et.al, 2016).

Unidades de Paisagens	Pedimentos	Pés de Serras	Cristas	Encostas Íngremes	Área de Topo Plano
Área da Bacia km e Porcentagem	303.3 km <sup>2</sup> /53.40%	29.4km <sup>2</sup> /5.17%	19.7km <sup>2</sup> /3.46%	119.8km <sup>2</sup> /21.09%	95.7km <sup>2</sup> /16.85%
Declividade Média	8%	8.1% a 20%	08.01% a 114.7%	20.01% a 114.7%	8.1% a 20%
Altitude Média	500m a 700m	600m a 800m	600m a 900m	600m a 1000m	700m a 1197m
Clima	Semiárido	Semiárido	Semiárido	Semiárido e Sub Úmido	Sub Úmido
Vegetação	Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta e Antropismos	Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada, Antropismos e Caatinga Arbórea Aberta	Antropismos e Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada	Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada.	Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada, Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta, Caatinga Arbórea Fechada e Antropismos
Solos	Neossolos Litólitos Eutróficos e Luvisolos	Neossolos Litólitos Eutróficos	Neossolos Litólitos Eutróficos	Neossolos Litólitos Eutróficos	Neossolos Regolíticos e Neossolos Litólitos Eutróficos
Litologia	Granito, Granodioritos, Ortognaisse, Metatrandilje-mito, Metassienito, Metamonzonito e Metagranito	Granito, Granodioritos, Metagranito e Metagranodio-rito	Granito, Granodioritos, Paragnaisse, Rochas Metavulcanicas, Quartzo, Metadacitos e Metapelitos	Granito, Granodioritos, Monzogranito, Metagranito e metagranodio-rito	Granito, Granodioritos, Metagranito e metagranodio-rito e Monzogranito

**Figura 05. Unidades de Paisagem da Bacia do Riacho do Tigre. Fonte: Vasconcelos, J. O.,2016**



**Figura 06. Pé de Serra. Fonte: Stephanie Lima,2018**



**Figura 07. Pedimento. Fonte: Stéphanie Lima,2018**



**Figura 08.Complexos de Serras. Fonte: Stéphanie Lima,2018**





**Figura 09.Área de Pedimento. Fonte: Stéphanie Lima**



**Figura 10.Topo. Fonte: Stéphanie Lima,2018**

## MAPAS TEMÁTICOS DA BACIA DO RIACHO DO TIGRE

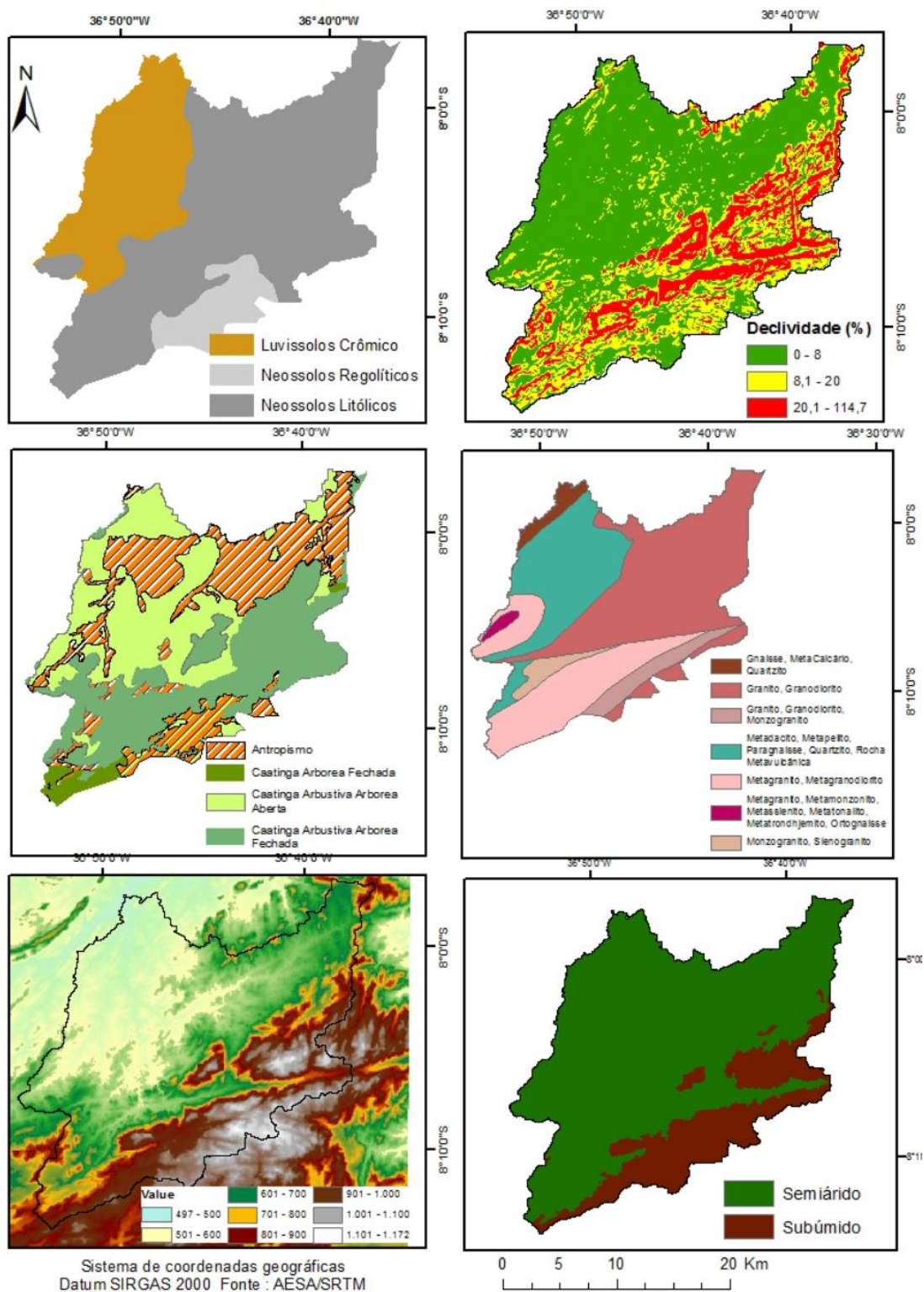


Figura 11. Mapas Temáticos da Bacia Riacho do Tigre. Fonte: VASCONCELLOS, 2016

A distribuição das classes de solos no semiárido nordestino está diretamente relacionada aos controles litológicos e, estes, da compartimentação morfoestrutural da paisagem, em vista da azonalidade decorrente. A compartimentação geomorfológica do semiárido e as relevantes marcas paleoclimáticas e paleoambientais, que justapõem maciços residuais cristalinos e fragmentos de planaltos sedimentares a superfícies rebaixadas (depressões) em diversos níveis de dissecação, contribuem para delimitação de unidades de paisagem, sobretudo para fins de uso e planejamento territorial. (CARDOSO DA SILVA, 1986 e MONTEIRO, 1998).

Os solos do semiárido brasileiro podem ser classificados: neossolos (litólicos, flúvicos e regolíticos), luvisolos, planossolos e vertissolos. As classes que não estão relacionadas de forma direta ao clima atual são: os latossolos e argissolos. Nas encostas há também a ocorrência de cambissolos, com maior representatividade nos maciços residuais cristalinos (CORRÊA *et.al*, 2014).

Os luvisolos são solos pouco ou mediantemente intemperizados, ricos em bases e com acumulação de argila no horizonte B (LEPSCH, 2011). Esta classe de solo subdivide-se em duas classes, que são: Luvisolos Crômicos e Háplicos. Que são encontrados em catenas constituídas em pedimentos, comum onde o relevo é plano ou suavemente ondulado o que favorece o processo de bissialitização. A bissialitização é um processo ocorrente ao regime semi-árido, em vista da sua baixa drenagem (CORRÊA *et.al*, 2014)

O Luvisolo Crômico se configura com um perfil pouco profundo ( não mais com 1 m profundidade de solo) a escassez de chuvas e as condições climáticas justificam a espessura pequena dos Luvisolos Cromicos. A falta de umidade inibi a decomposição das rochas e, conseqüentemente, o desenvolvimento de solos mais profundos.

Os Neossolos são solos com pouca ou nenhuma evidência de horizontes pedogenéticos subsuperficiais. Os Neossolos formam-se em materiais praticamente inertes, sem argilas extremamente resistentes ao intemperismo ( como areias de quartzo) ou estão tão pouco e recentemente expostos aos processos pedogenéticos que os horizontes diagnósticos típicos estão ausentes. Os Neossolos litólicos são distribuídos predominantemente em declives fortes de áreas com relevo em constante alteração. Configurando o solo raso e com presença de rocha e da frequente pedregosidade. Os Neossolos Regolíticos, apesar de não apresentarem rocha a pouca profundidade apresenta obstáculos pela propensão a erosão, semelhantes às dos Litólicos ( LEPSCH, 2011).

O mapeamento detalhado permitiu desmembrar as 9 unidades de mapeamento classificadas em: **NC57** que corresponde a uma associação de Luvisolos e Neossolo

Litolico localizados na parte do relevo suave ondulado. O **Re39** e **Re66** correspondem a uma associação de Neossolos Litolicos e Rochas situados em uma área em que o relevo se caracteriza forte ondulado e montanhoso substrato gnaiss e granito. O **NC25** corresponde a uma associação de Luvisolos Vértico e Neossolos Litolicos constado em relevo suave ondulado. O **Re32** constitui a associação de Neossolos Litolicos e Afloramento de Rochas encontrado em duas partes do relevo, ondulado e forte ondulado. **REe13**-Neossolos Regolíticos , **Re18**- Neossolos Litolicos e **Re58**- Neossolos Litolicos. Representado abaixo na Figura 03:

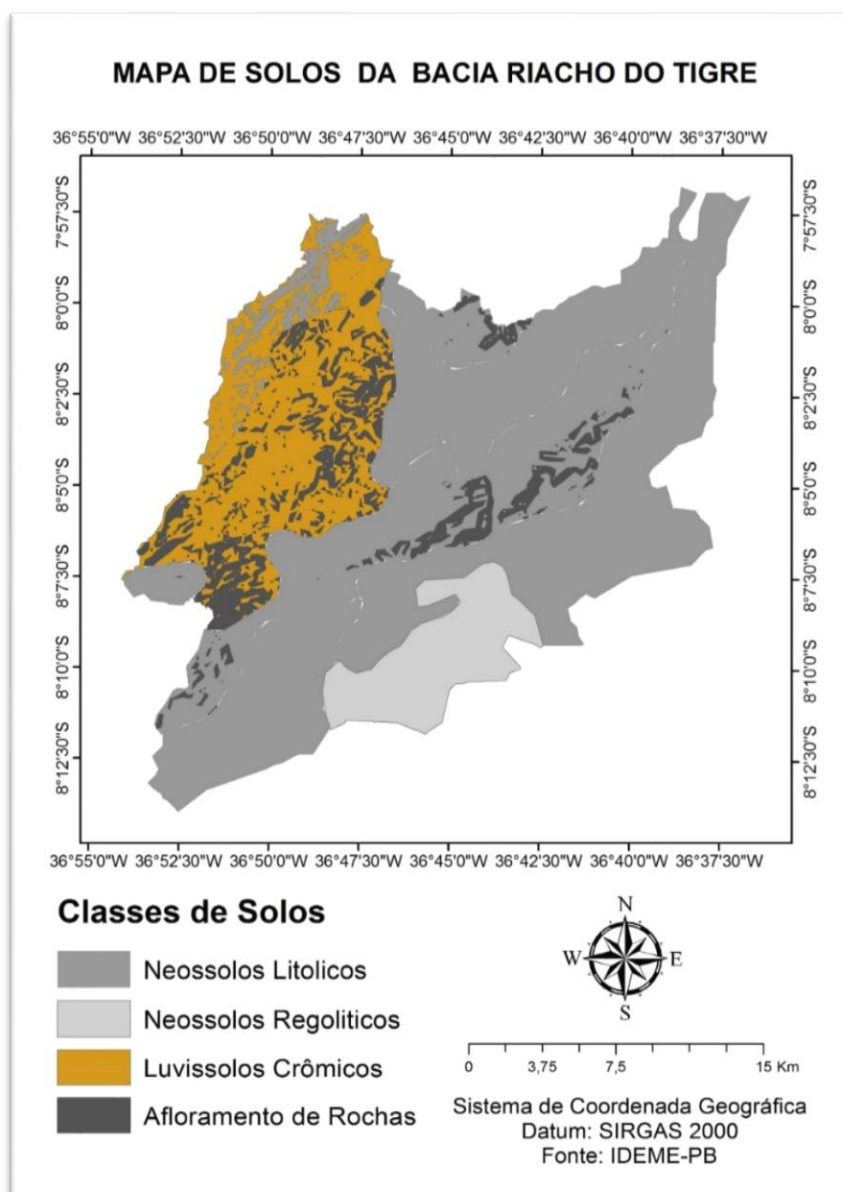


Figura 12. Mapa de Solos Detalhado da Bacia Riacho do Tigre. Stéphanie Lima, 2016

<b>Classes de Solos</b>	<b>Classificação Simples</b>	<b>Classificação Detalhada</b>
Luvissolos Crômicos	18.4%	38%
Neossolos Litólicos	2.2%	27%
Neossolos Regolíticos	79.4%	35%

**Tabela 01. Porcentagem das associações das classes de solos detalhadas. Fonte:Stéphanie Lima, 2016**

Uma tabela foi construída a partir de dados obtidos no mapeamento simples e detalhados das classes de solos, com o objetivo de comparar a quantidade de dados fornecidos pelos dois mapas. Assim como representando na Tabela 01.

A distribuição espacial das classes de solos é interpretada, sobretudo a partir do relevo predominante na área, de acordo com as determinadas características de classe ou tipo de solos, recorrentes dos processos naturais de sua formação. No Nordeste, mas especificamente na região do semiárido, em decorrência da azonalidade que marca esta porção do território, a formação de classes de solos ocorre em função do controle litológico, e estes, da compartimentação morfoestrutural da paisagem. Considerando as unidades geomorfológicas típicas do semiárido, que são os maciços residuais cristalinos e fragmentos de planaltos sedimentares a superfícies rebaixadas justificam uma complexa distribuição de classes de solos.

Os mantos de intemperismo do Nordeste semiárido são pouco espessos e resultam do saldo de um balanço denudacional, que favorece a erosão sobre os agentes pedogenéticos (SOUZA et. al 2014). Sendo importante compreender as condições ambientais iniciais que levaram a formação dos mantos de intemperismo na região do Nordeste. Na escala histórica de observação, os conjuntos pedológicos da região podem ser tomados como “constantes”, ou seja, os fatores exógenos responsáveis pela pedogênese seriam estáveis, ou apresentariam pouca oscilação dos seus parâmetros de operação. Assim podem-se identificar duas categorias de catenas, a saber, catenas com pedimentos e “catenas com inselbergs e pedimentos”, ambas sem a presença de relictos importantes de intemperismo prévio (Gerrard, 1995). No entanto, oscilações de grande escala normalmente produzem ciclicidade na distribuição dos sistemas morfológicos, como potenciais sequências de solos, geneticamente diferenciadas, associadas a posições topográficas distintas (cimeiras regionais x pedimentos) (SOUZA et. al 2014).

As unidades de mapeamento NC57 e NC25 são constituídos nas catenas em pedimentos, que são ocorrentes nas áreas de maciços residuais, em locais que não são



comuns. As unidades de mapeamento Re39, Re66 e Re32, REe13 e Re58 se formam nas catenas com inselberg e pedimentos, pois é comum que se desenvolva em terrenos cristalinos e granitóides, com ângulos de encosta em parte controlados pela superfície basal de intemperismo. As encostas se apresentam como pedimentos íngremes, com até 10 graus de inclinação (CORRÊA et. al,2014)

No que refere a vegetação, o bioma caatinga é o que predomina na área de estudo, especificamente a caatinga hiperxerófila, caracterizada por uma caatinga arbustiva e arbórea, que observadas foram identificadas com cobertura basicamente de espécies arbóreas e arbustivas abertas, mas também fechadas nos ambientes mais altos onde há uma maior presença de umidade (CPRM, 2005; CAVALCANTI, 2014) (CPRM,2005).

Ainda que delimitada numa região semiárida, parte da bacia possui características de brejo devido a divisa com o agreste pernambucano, que é marcada por áreas serras e cristas. Neste caso, é uma área que possui uma dinâmica natural que difere por influência do clima e da altitude local. Um *brejo*, se caracteriza como um enclave de tropicalidade no meio semiárido, comum de serras e encostas de maciços que captam a umidade de barlavento, encostas ou sopés de escarpas, bordas de chapadas, bolsões aluviais de planícies alveolares (*baixios*) e setores de vales bem cercados por correntezas de ar marítimo (*ribeiras* e vales úmidos) (AB'SÁBER, 1999).

## MATERIAIS E MÉTODOS

As metodologias utilizadas para a execução do trabalho são parte propostas pelo IBGE e a EMBRAPA nos respectivos Manual de Pedologia e Sistema de Classificação Brasileira dos Solos. E uma outra parte da metodologia é proposta pelo Ruiz (2006). Além das atividades de campo para coleta de dados e dados coletados por sensoriamento remoto.

A primeira fase da execução da metodologia consistiu na análise de dados sensoriais, em que foram analisados, através do *Google Earth*, os pontos da sub-bacia de maior relevância para o estudo de acordo com os objetivos pré-estabelecidos. Em seguida, fora feito um campo exploratório para identificar esses pontos na área de estudo em questão e marcar as coordenadas através do GPS.

A segunda fase consistiu numa segunda atividade de campo para coleta de dados, em que foram executadas as técnicas de classificação propostas no Manual Técnico de Pedologia do IBGE. As quais tem por objetivo auxiliar na caracterização morfológica dos solos, dessa forma, foi possível definir as seguintes características: cor, mosqueamentos, textura, presença de cascalho, estrutura, cerosidade, coesão, superfícies, consistência, raízes, poro e a transição topográfica e de contraste. Foi utilizado os seguintes materiais para as técnicas: Alavanca, Pá, Picareta, Enxada, Pá de Jardim, Fita Métrica, Sacolas Plásticas, Papel Adesivo, Canivete, Borrifador, Lupa, Fita adesiva, Ficha de descrição, Caneta esferográfica permanente, Caneta de tinta, Máquina fotográfica, Guia prática de campo, Tabela de Cores de Munssel e o Sistema de Classificação Brasileiro de Solos (IBGE, 2015).



Na prática, essas técnicas de análises morfológicas consistem em avaliar as características do solo por cada horizonte do perfil, ou seja, uma análise mais detalhada. O perfil é um buraco cavado com profundidade máxima de 200 cm ou até o contato lítico com a rocha ou material *in situ*, podendo chegar a menos da profundidade especificada. Assim é necessário que após cavar o perfil, deixe a frente do perfil o mais intacto possível, para preservar as características naturais da área. Logo após é indicado limpar as camadas

abaixo do perfil com o auxílio do canivete ou de uma faca adequada, e na sequência realizar a separação dos horizontes diagnósticos. Em seguida parte-se para classificação de cada horizonte, de acordo com as técnicas supracitadas.

A caracterização de cada horizonte é feita através da retirada de torrões ou porção de solo seco e depois úmido, para que haja um parâmetro mais amplo do comportamento do solo ao infiltrar água e quando ele está seco. Por isso a necessidade de um borrifador com água. Primeiramente se classifica a cor do solo através da tabela de cor de Munssel, para isso se retira um torrão e avalia sua cor seca e úmida. Logo em seguida analisa se há ou não a presença de cascalhos, mosqueamento (manchas no solo), cerosidade e o tipo de superfície ali constatada. Depois se separa uma porção de solo daquele horizonte e avalia o tipo de estrutura encontrada, ou seja, o tamanho e o tipo de grão e o grau dessa estrutura (que é classificada em forte, fraca ou moderada). Com essa mesma porção se avalia a consistência daquele material, e novamente utilizando o borrifador, a qual será analisada quando o solo está seco e úmido. Para análise do material úmido, há classificações se ele está friável (contendo variações), pegajosa (contendo variações) ou plástica (contendo variações). Finalizando há uma análise através da observação sobre a quantidade e os tipos de raízes e poros. Dessa forma também é avaliada a topografia e a transição do contraste.



Esta aplicação de técnicas encontra-se detalhado no Manual Técnico de Pedologia da EMBRAPA, elas são utilizadas para a caracterização de cada horizonte diagnóstico. Para realizar classificação final do tipo ou classe de solo encontrado, é reunida as informações encontradas em cada horizonte através da ficha de descrição (pré-estabelecida pelo IBGE) e utilizado o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. No qual será encontrado classificação de até quarta ordem das classes de solos, e em cada qual dessas classes especificará as características que encontramos nos horizontes diagnósticos. Ressaltando que existe classificação também para cada horizonte, então não necessariamente encontraremos todos os tipos de horizonte nas classes de solos.

Portanto, ao finalizar a caracterização morfológica de todo o perfil e a classificação do solo coleta-se uma quantidade considerável de cada horizonte para análises futuras. E ainda pela ficha de descrição se faz uma análise geral da área ao redor

do perfil, identificando: tipo de paisagem, declividade, litologia, cobertura vegetal, uso atual, unidade litoestratigráfica, material de origem, pedregosidade, rochosidade, erosão, relevo regional, vegetação primária e drenagem. Além de anota informações sobre as coordenadas, localização e ponto avaliado.

Na identificação, caracterização e classificação de solos que em sua maioria foram extraídas de fontes bibliográficas diversas, destacando-se: *Soil map of the world* (1974), da FAO; *Normas e critérios para levantamentos pedológicos* (1989), da Embrapa; *Soil survey manual* (1993), do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos; *Manual técnico de pedologia*, de Souza (1995); *Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos* (1995), da Embrapa; *Manual de descrição e coleta no campo*, de Lemos e Santos (1996); *Manual para interpretação de análise de solo*, de Tomé Junior (1997); *Manual de métodos de análise de solo* (1997), da Embrapa; *Field book for describing and sampling soils*, de Schoeneberger e outros (1998); *Sistema brasileiro de classificação de solos* (1999), da Embrapa; *Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys* (1999) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos; *Field book for describing and sampling soils, version 2.0*, de Schoeneberger e outros (2002); *Manual de descrição e coleta de solo no campo*, de Santos e outros (2005) e *Sistema brasileiro de classificação de solos* (2006), da EMBRAPA.

A metodologia para medir condutividade hidráulica e densidade de partículas foi elaborada baseando-se na proposta metodológica do Prof. Hugo A. Ruiz. Em que foi necessário realizar algumas alterações nos materiais indicados para a realização da mesma, isto devido à falta de laboratório equipado com os instrumentos necessários. Um dos objetivos da metodologia são análises com amostra indeformada, com o intuito de preservar ao máximo as propriedades físicas do solo.

A metodologia de análise de densidade real do solo consiste na proposta metodológica do DNER-ME. Que propõe a utilização de duas amostras de 10g da amostra desejada para o cálculo da densidade. Para o procedimento são utilizados dois picnomêtros (figura), bomba de vácuo e água destilada, além da balança e um pequeno funil para pesagem. Em que as amostras após a secagem na estufa a 100°-105° e o peneiramento (#10), são pesadas dentro dos picnomêtros e colocado água destilada um pouco acima do nível de quantidade de amostras, para logo após ser levada para a bomba de vácuo. Logo depois que passa de 10 a 15 min na bomba, é levada a pesagem

novamente, só que complementando todo o picnomêtro com água destilada. Ao final, é seguida formulas propostas e feito o cálculo da densidade.



A fase três da metodologia dividiu-se em coletas de dados feitos em campo e práticas laboratoriais. A coleta de dados desta fase consistiu em coleta de amostra de solos por anéis volumétricos, esta coleta foi feita de pelo menos 2 ou mais horizontes de cada perfil de solo. Para a retirada de amostra por anéis volumétricos foi necessário a utilização de ferramentas como o martelo e faca, para que a amostra não compactasse e nem perdesse estrutura. Todas as amostras dos anéis coletados foram levadas a laboratório para análise de condutividade hidráulica e densidade.

A última fase consistiu em análises laboratoriais, utilizando de materiais adaptados a metodologia de Ruiz e materiais já próprio do laboratório. Foram utilizados os seguinte materiais: mini garrafa d'água de 1L no formato de um galão de água (substituindo o Frasco de Mariotte), Mangueira tubular (indicado na própria metodologia), tecido impermeável (substituindo a lã de vidro) , Proveta e Funil. Os quais foram usados para montar um esquema de um permeâmetro de coluna vertical e carga constante (Ferreira, 2002). Dessa forma, foi possível cronometrar o escoamento de água que percola pela amostra de solo (do anel volumétrico) e o volume de água que resta após o escoamento na proveta (figura 14).

A condutividade hidráulica do solo, em determinado conteúdo de água, é o quociente entre o fluxo de água que atravessa o solo e o gradiente hidráulico. Qualitativamente, a condutividade hidráulica é importante para caracterizar os meios porosos em permeáveis ou condutivos (baixa resistência à passagem de água), semipermeáveis (media resistência) e pouco permeáveis (alta resistência hidráulica) (RUIZ, 2004). Representado nas figuras abaixo.

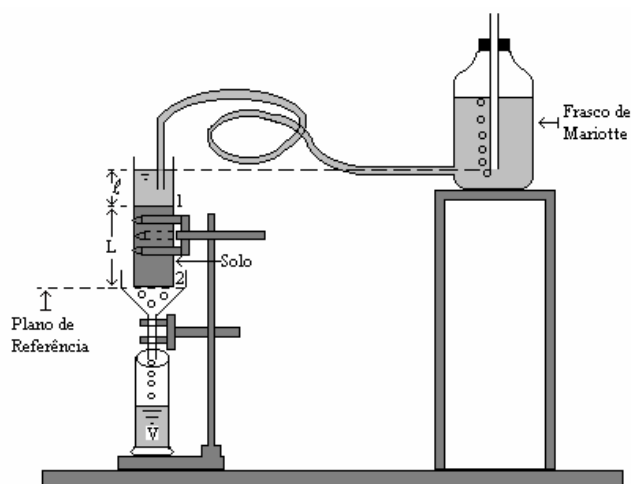


Figura 13. Esquema de um permeômetro de coluna vertical e carga constante (Ferreira, 2002).



Figura 14. Esquema do permeômetro adaptado (Ferreira, 2002/ Lima, 2018).

Para determinar a densidade do solo e densidade de partículas utilizou as mesmas amostras dos anéis volumétricos para a medição. No que se refere a densidade do solo, a medição foi realizada apenas por cálculos. Quanto a medição de densidade de partículas foi utilizado álcool etílico, um balão volumétrico de 50 ml e papel de alumínio na análise. Inicialmente as amostras peneiradas foram colocadas para secar e destorroar em temperatura entre 100° -105°C e logo em seguida separadas em 20 g para a realização do procedimento. E por último, essas mesmas amostras foram utilizadas para calcular porosidade.





## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os pontos escolhidos na bacia para a execução da análise foram avaliados mediante os critérios de relevância para o estudo, ou seja, foram escolhidos lugares nos quais houvesse possibilidade de analisar o escoamento superficial na bacia. Portanto, foram escolhidos 4 pontos distribuídos na bacia, que foram esses: Topo, Sopé da Rocha, Encosta e Pedimento.

Para a descrição das informações analisadas na caracterização morfológica foram elaboradas tabelas com informações abreviadas dos resultados obtidos e formulas utilizadas, que segue abaixo nas respectivas figuras 15,16 e 17.

LEGENDA DE SIMBOLOGIA			
Fr= Fraca	B.S.A= blocos subangulares	MF=Muito Finas	Fri= Friavel
F=Forte	Gr= Granular	F= Finas	MF= Muito Firme
Mo= Moderado	LigPl=Ligeiramente Plástico	Po=Poucos	D= Dura
M= Médio	Pl= Plástico	C= Comuns	LgD=Ligeiramente Dura
MTpq= Muito Pequeno	MtPl= Muito Plástico	A= Abundantes	LgPe= Ligeiramente Pegajoso
Pq=Pequeno	NPl= Não Plástico	S/p= S/poros visiveis	
M= Médio	Pe= Pegajoso	Arg.Are=Argloarenoso	
G= Grande	Npe=Pegajoso	Fra.Are=Franco Arenoso	

Figura 15. Tabela com Legenda da Simbologia da Ficha Técnica. Stéphanie Lima,2018.

Cálculo da Densidade Real do Solo	
Dt	Densidade do solo à temperatura
P1	Peso do Picnomêtro vazio e seco ( em g )
P2	Peso do Picnomêtro mais amostra ( em g )
P3	Peso do Picnomêtro mais amostra, mais água ( em g )
P4	Peso do Picnomêtro mais água ( em g )
D20	Densidade Real do Solo a 20°
K20	Razão entre a densidade relativa da água à temperatura e a densidade relativa da água a 20°C

Figura 16. Tabela com descrição da fórmula de Densidade Real. Stéphanie Lima,2018

Cálculo da Densidade de Partículas do Solo	
Vs	Volume de partículas de solos
Vg	Volume do Álcool
Vb	Volume do Balão Volumétrico
Ms	Amostra de Solos
Dp	Densidade de Particula

Figura 17. Tabela com descrição da fórmula de Densidade Real. Stéphanie Lima,2018

- **PRIMEIRO PONTO – TOPO (PLANO)**

O primeiro perfil de solo a ser aberto foi no Topo, localizado na Serra de Santa Maria, que fica a 21km do centro urbano de São João do Tigre. Nas coordenadas 0758397 e 9102233, a 1054 m de altitude. Neste ponto, foi visualizado um ambiente preservado, sem uso e ocupação do solo e sem degradação da vegetação. Assim como também não foi constatado processo erosivo dos solos. E no que se refere ao relevo, esta área se configura como um topo plano. E dessa forma, não possui declives acentuados.

A vegetação local foi identificada como uma vegetação preservada, típica do ambiente referido. Ou seja, foi identificado a Caatinga hipoxerófila e hiperxerófila no topo. Classificadas como arbóreas e arbustivas, predominando as arbustivas e gramíneas. Assim como mostra a figura 18 abaixo.



**Figura 18. Vegetação primária preservada no Topo Plano. Fonte: Stéphanie Lima, 2018**

A abertura do perfil foi feita numa área de encosta (figura 19), na qual foi identificado material *in situ* em processo de intemperização da rocha. O perfil chegou a uma profundidade de 140+ cm, com aparência de um solo bem drenado, ou seja, apesar das chuvas ocorridas recentemente no local não aparentou um solo molhado. O que sugere que a água foi removida rapidamente. Um outro aspecto observado foi uma sutil formação de serrapilheira no local (figura 20), indicando presença de matéria orgânica no solo. Além da verificação de animais no local, indicando atividade biológica no solo.





**Figura19. Área mais elevada onde foi aberto o perfil. Fonte: Stéphanie Lima,2018**



**Figura20. Serrapilheira. Fonte: Stéphanie Lima,2018**

Logo após a abertura do perfil, foi executada a caracterização morfológica do solo e sua classificação solo segundo as informações obtidas na descrição dos horizontes diagnósticos. A classe de solo encontrada, foi um Cambissolo Háplico Tb Distrófico Típico. Os cambissolos tem como critérios para sua classificação, solos pouco desenvolvidos e com horizonte B incipiente. Ou com pedogênese pouco avançada. A heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e condições climáticas as quais eles podem estar condicionados, permitem que sejam encontrados nos mais diversos tipos ambientes. Ao se tratar de solos Háplicos Tb Distrófico Típicos, o caracterizamos como solos que não se enquadram nas classificações comuns para Cambissolos, ou seja, não muitas descrições para este tipo de solo. A nomenclatura distrófica indica que é um solo com baixa fertilidade. Segue abaixo a tabela de descrição morfológica construída com base na ficha técnica de classificação proposta no manual técnico de pedologia do IBGE (figura 21).

Classe de Solo	horizonte		Transição		Cor	Estrutura	Consistência	Textura	Raízes	Poros
	Nome	Profundidade (cm)	Topografia	Contraste	Úmida					
Cambissolo Háplico Tb Distrófico Típico	A	0-20	Plana	Gradual	5YR 3/1	Fr, M, B.S.A	LgD, Fri, LPI, LPe	Argila	MtF, F,M,A	Pq, M, C
	Bi	20-36	Plana	Gradual	7.5YR 3/2	Fr,M, B.S.A	D,Fri, MPI, Pe	Argila	MtF, F, C	MtPq, Pq, M, Po
	Cr+	36-140+	Plana	Clara	-	-	-	-	-	-

**Figura 21. Ficha Técnica de Classificação de Solos Adpt. Fonte: Stéphanie Lima,2018**

Com base na visualização do perfil e aplicação da técnica da “apalpação” do perfil com o auxílio de um canivete, foram identificados 2 horizontes diagnósticos e uma camada Cr+. Respectivamente os horizontes foram classificados em A e Bi. Segue abaixo uma imagem do perfil referido (Figura22).



**Figura 22. Perfil de Solo do Topo. Foto:Stéphanie Lima,2018**

O horizonte diagnóstico superficial foi classificado como um horizonte A Fraco, por ser pouco desenvolvido, devido à redução de colóides minerais ou orgânicos ou por condições externas de clima e vegetação, típico de ambientes semiáridos com vegetação caatinga (IBGE,2006). A estrutura do solo observada no horizonte foi de uma estrutura de agregados fracamente desenvolvidos, apresentando blocos subangulares no tamanho médio. No que se refere a consistência, os agregados apresentaram uma consistência ligeiramente dura quando secos, friável quando umedecidos e ligeiramente plásticos e ligeiramente pegajosos quando molhados. A textura foi classificada como argila, devido a predominância de material argiloso ao tocar, porém com leve sensação de aspereza também.

O horizonte subsuperficial foi diagnosticado como Bi, ou B incipiente, se trata de um horizonte não muito intemperizado, apresentando dominância de cores brunadas e textura franco arenosa ou mais fina (IBGE,2006). A estrutura do solo observada no horizonte foi de uma estrutura fracamente desenvolvida, com agregados no formato de blocos subangulares e de tamanhos médios. Apresentando uma consistência dura quando secos, friável quando umedecidos e muito plástico e pegajoso quando molhados. A textura foi classificada como argilosa.

Ao avaliar a formação dos dois horizontes, identificamos uma textura argilosa em ambos os horizontes, a qual pode ser atribuída a matéria orgânica presente no solo, ainda que pouca. Entretanto, mesmo com a presença de argila no solo, a textura arenosa também predomina e corresponde com a estrutura encontrada nesses solos. Ao abrir o perfil, muitas pedras foram encontradas no aprofundamento do perfil, assim como também foi observado a presença de cascalho. A priori se observou a presença de material feldspato no local. Também foi identificada uma camada considerável de solum (figura23), onde fica aparente a estruturação das raízes no solo. E o que também justifica a presença e vegetação arbórea de porte médio ali presente. Por fim, logo foi visualizado a camada Cr+, que apresentou material in situ, ou seja, material ainda em processo de intemperização, apresentando solo, porém também material da rocha de origem.





Figura 23. Camada Solum. Foto:Stéphanie Lima,2018

A partir das amostras coletadas de cada horizonte do perfil foi possível executar análises de densidade do solo, densidade de partículas e realizar o cálculo de porosidade de cada horizonte diagnóstico. Ao se ter resultados da densidade do solo, temos a quantidade de massa de solo seco por unidade de volume, ou seja, o volume do solo ao natural (ar+água), incluindo os espaços porosos (RUIZ, H.A, 2004). Ao se analisar a densidade de partículas, se obtém massa de partículas sólidas pelo volume de partículas sólidas. Os resultados foram representados nas figuras 24,25,26 a seguir.

Ponto 1 - Topo (Hor. A)				
d	1	2	dp	
P1	42,34	46,71	Ms	20
P2	52,34	56,71	Vb	50
P3	107,26	113,95	Vg	47,8
P4	101,32	108,16	Dp	9,090909
yt	0,9976	0,9993		
$\alpha T$	2,463054	2,375297	$\alpha TM$	2,419176
K20	0,999399	1,001102	K20	1,00025
$\alpha$	2,419781434			

Figura 24. Tabela de Cálculo de Densidade Real e Densidade de Partículas. Fonte: Stéphanie Lima,2018

Diante do que foi observado no horizonte A, se identificou a presença de raízes muito finas, finas e médias. Em quantidade abundante. Quanto aos poros identificou-se poros pequenos, médios e comuns. Neste horizonte é visível a atividade biológica das raízes no horizonte, não somente, a presença de formigas e minhocas também. Contudo, a atividade biológica neste horizonte não apresentou relevância, pois ainda sim, apresentou uma estrutura fraca.

Ao realizar o cálculo de densidade de partículas, ou o volume de sólidos, juntamente com o cálculo da porosidade total, concluiu-se que o espaço poroso é menor que o volume de sólidos, e apresenta uma densidade real considerada baixa. Em parte, quanto mais baixa a densidade, melhor a infiltração de água no solo, entretanto, o fato do espaço poroso ser menor do que o volume de partículas, não somente justifica uma estrutura fracamente desenvolvida. Mas diminui a capacidade de infiltração de água nesse solo. Embora, não se tenha feito análise dos tipos de poros encontrados no horizonte. Já que esta capacidade não somente é definida pela quantidade de poros, mas também dos tipos de poros analisados.

RESULTADO DO CÁLCULO DE POROSIDADE (Ptotal)				
Ptotal - Ponto 1 - Topo (Hor. A)				
		0,733824		

Figura 25. Cálculo de Porosidade. Fonte: Stéphanie Lima, 2018

Ponto 1 - Topo (Hor. Bi)				
d	1	2	dp	
P1	44	42,34	Ms	20
P2	54	52,34	Vb	50
P3	100,04	107,43	Vg	47,57
P4	102,38	101,7	Dp	8,230453
yt	0,9976	0,9976		
αT	0,810373	2,34192	αTM	1,576147
K20	0,999399	0,999399	K20	0,999399
α	1,57519918			

Figura 26. Cálculo de Densidade Real dos Solos. Fonte: Stéphanie Lima, 2018

Diante do que foi observado no horizonte Bi, se identificou a presença de raízes muito finas e finas. Em quantidade comum. Quanto aos poros identificou-se poucos poros

pequenos e médios. Neste horizonte é visível a atividade biológica das raízes no horizonte. Contudo, a atividade biológica neste horizonte não apresentou relevância, visto que apresentou uma estrutura fraca, apesar da consistência dura dos agregados quando secos.

Ao realizar o cálculo de densidade de partículas, ou o volume de sólidos, juntamente com o cálculo da porosidade total (figura 27), concluiu-se que o espaço poroso é minimamente menor que o volume de sólidos, e apresenta uma baixa densidade. Isto pode significar que há uma boa infiltração de água no solo, já que a quantidade de poros se mostra equilibrado com o volume de partículas. Embora, não se tenha feito análise dos tipos de poros encontrados no horizonte. Uma vez que esta capacidade não somente é definida pela quantidade de poros, mas também dos tipos de poros analisados.

RESULTADO DO CÁLCULO DE POROSIDADE (Ptotal)				
		0,808613		

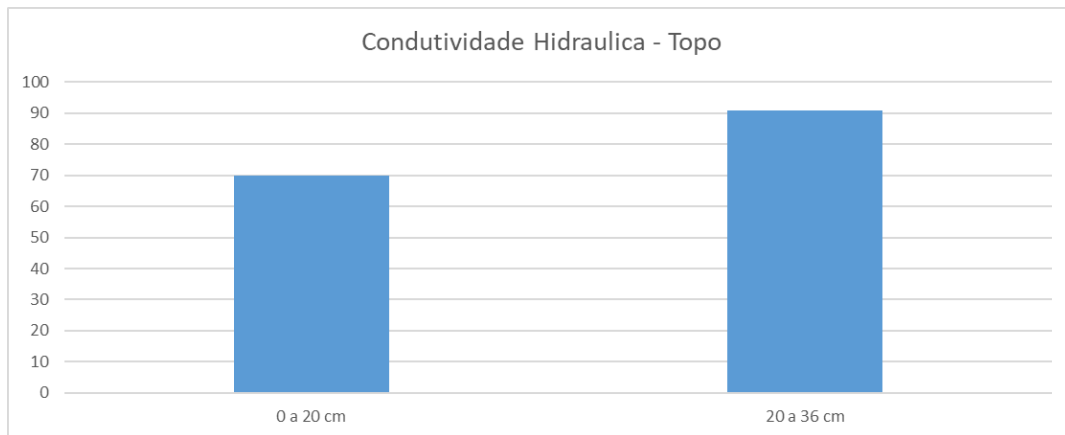
Figura 27. Cálculo de Porosidade. Fonte: Stéphanie Lima, 2018

A condutividade hidráulica foi um outro aspecto analisado de cada horizonte, visto a importância da água para o solo. Viu-se a necessidade de calcular a condutividade hidráulica do solo para compreender como é distribuída a água no solo e a capacidade do solo de conduzir essa água. Segue abaixo o esquema de cálculos realizados para obtenção da condutividade (figura 28).

Ponto 1 - Topo (Horizonte A)				Ponto 1 - Topo (Horizonte Bi)			
V	d	t	q	V	d	t	q
210	4,9	498	0,022373	215	4,9	662	0,017231
L	l	i		L	l	i	
5,3	3	-1,56604		5,3	3	-1,56604	
		Ke	69,99614			Ke	90,88319

Figura 28. Cálculo de Condutividade Hidráulica. Fonte: Stéphanie Lima, 2018

A condução de água no solo será direcionada justamente pela capacidade física do solo de absorver água. Dessa forma foi elaborado um gráfico de condutividade com os dados obtidos no procedimento para representar essa condução hidráulica nos horizontes os quais foram possíveis de realizar a coleta de material. O gráfico está representado na figura 29.



**Figura 29. Gráfico de Condutividade Hidráulica. Fonte: Stéphanie Lima, 2018**

Ao analisar o gráfico, conclui-se que o resultado da condutividade se integra ao de porosidade total dos horizontes, uma vez que o espaço poroso do horizonte subsuperficial Bi é maior que o do horizonte A, portanto a quantidade de poros no Hor. Bi é maior e infiltra mais água, por isso sua condutividade é maior do que no Hor. A. Ainda que o horizonte A apresente uma estruturação de raízes boa.

De forma geral o ambiente ao redor desse perfil de solo é uma área na qual identifica-se uma vegetação mais densa e preservada (figura 30). Para o sistema pedológico a preservação da vegetação e a não interferência antrópica são fatores benéficos para seu funcionamento. Já que a vegetação atua como barreira de erosão e também distribui melhor a água para os solos.



**Figura 30. Área do Topo. Fonte: Stéphanie Lima, 2018**



- **SEGUNDO PONTO – SOPÉ DA ROCHA**

O segundo perfil de solo a ser aberto foi no Sopé da Rocha, localizado na Serra de Várzea, que fica a 17km do centro urbano de São João do Tigre. Nas coordenadas 0756265 e 9102932, a 819 m de altitude. Neste ponto, foi visualizado um ambiente preservado, sem uso e ocupação do solo e sem degradação da vegetação. Assim como também não foi constatado processo erosivo dos solos. E no que se refere ao relevo, nesta área foi identificado um relevo escarpado, com predomínio de forma abruptas, compreendendo superfícies íngremes de forma geral. Em que foram identificados afloramentos rochosos (figura 31).

A vegetação local foi identificada como uma vegetação preservada, típica do ambiente referido. Ou seja, foi identificado a Caatinga hipoxerófila e hiperxerófila no topo. Classificadas como arbóreas e arbustivas, predominando as arbustivas e gramíneas. Assim como mostra a figura 31 abaixo.



**Figura31. Vegetação predominante. Foto: Stéphanie Lima, 2018**



A abertura do perfil foi feita muito próxima ao “pé” da rocha, na qual foi identificado uma considerável quantidade de blocos rochosos aos arredores, além de uma vegetação densa. O perfil chegou a uma profundidade de 130 cm, com aparência de um solo bem drenado, apesar das chuvas ocorridas recentemente no local não aparentou um solo muito molhado. O que sugere que a água foi removida com facilidade, porém não rapidamente.



**Figura 32. Declive no Sopé da Rocha. Foto: Stéphanie Lima, 2018**

Logo após a abertura do perfil, foi executada a caracterização morfológica do solo e sua classificação solo segundo as informações obtidas na descrição dos horizontes diagnósticos. A classe de solo encontrada, foi um Neossolo Regolítico Distrófico Típico. Os Neossolos têm como critérios para sua classificação, solos pouco desenvolvidos e sem horizonte diagnóstico. São solos em via formação, seja pela reduzida atuação dos processos pedogenéticos ou por características inerentes ao material originário. Também não apresentam características suficientes para caracterização de atributos diagnósticos. As categorias de classificação distrófico e típico corresponde a descrição de neossolos regolíticos, pois não apresentam muitas funcionalidades no ambiente, não por isso, mas também são classificados assim pois não se enquadram em outros aspectos de descrição. Segue abaixo a tabela

com base na ficha técnica de descrição morfológica de solos proposta no Manual Técnico de Pedologia do IBGE.

Classe de Solo	horizonte		Transição		Cor	Estrutura	Consistência	Textura	Raízes	Poros
	Nome	Profundidade (cm)	Topografia	Contraste	Úmida					
Neossolo Regolítico Distrófico Típico	A1	0-10	Ondular	Gradual	10YR 2/1	Mo,MtPq,Pq,M, B.S.A	LgD, Fri, NPI, Mpe	Argila	MtF, F,Po	MtPq,Po
	A2	100 - 29	Irregular	Gradual	10YR 2/2	F,M,B.S.A	D,Fr,NPI,Lpe	Argila	MtF,F, M,A	Pq,Po
	A3	29-60	Irregular	Gradual	10YR 2/2	Fr,MtPq,Pq,B.S.A	LgD,Fri,Npla,Pe	Arg,Are	MtF,F,A	Pq,M,G,C
	C	60-92	Irregular	Gradual	7.5YR 3/4	Mo,Pq,M,G,B.S.A	LgD,Fri,Npla,Lpe	Argila	MtF,F,Po	MtPq,Pq,Po
	Cr	92-130	-	-	-	-	-	-	-	-

**Figura33. Tabela de descrição de solos adapt. . Foto: Stéphanie Lima, 2018**

Com base na visualização do perfil e aplicação da técnica da “apalpação” do perfil com o auxílio de um canivete, foram identificados 4 horizontes diagnósticos e uma camada Cr+. Respectivamente os horizontes foram classificados em A1, A2, A3 e C.

O horizonte diagnóstico superficial foi classificado como um horizonte A1 Moderado. A estrutura do solo observada no horizonte foi de uma estrutura de agregados moderadamente desenvolvidos, apresentando blocos subangulares nos tamanhos que variam de muito pequeno a médio. No que se refere a consistência, os agregados apresentaram uma consistência ligeiramente dura quando secos, friável quando umedecidos e não plásticos e muito pegajosos quando molhados. A textura foi classificada como argila, devido a predominância de material argiloso ao tocar, porém com leve sensação de aspereza também.

O horizonte subsuperficial foi diagnosticado como A2. A estrutura do solo observada no horizonte foi de uma estrutura fortemente desenvolvida, com agregados no formato de blocos subangulares e de tamanhos médios. Apresentando uma consistência dura quando secos, friável quando umedecidos e não plásticos e ligeiramente pegajosos quando molhados. A textura foi classificada como argilosa.

O segundo horizonte subsuperficial foi diagnosticado como A3. A estrutura do solo observada no horizonte foi de uma estrutura fracamente desenvolvida, com agregados no formato de blocos subangulares e de tamanhos variam de muito pequenos a médio. No que se refere a consistência, os agregados apresentaram uma consistência ligeiramente dura quando secos, friável quando umedecidos e não plásticos e pegajosos quando molhados. A textura foi classificada como argilaarenoso, devido a predominância de material argiloso ao tocar, porém com leve sensação de aspereza também.

O último horizonte diagnóstico subsuperficial foi classificado como um horizonte C, que é um horizonte de material inconsolidado, pouco afetado pelos processos pedogenéticos, apresentando pouca expressão de propriedades identificadoras de qualquer outro horizonte (IBGE,2006). A estrutura do solo observada no horizonte foi de uma estrutura de agregados moderadamente desenvolvidos, apresentando blocos subangulares nos tamanhos que variam de pequeno a grande. No que se refere a consistência, os agregados apresentaram uma consistência ligeiramente dura quando secos, friável quando umedecidos e não plásticos e ligeiramente pegajosos quando molhados. A textura foi classificada como argila, devido a predominância de material argiloso ao tocar, porém com leve sensação de aspereza também.

Ao avaliar a formação dos 4 horizontes, identificamos que apesar de serem poucos desenvolvidos, apresentou-se como um perfil profundo. A profundidade neste caso, pode ser um indicador de uma boa infiltração de água ali existente. Constatou-se após a descrição, uma predominância de textura argilosa em ambos os horizontes, exceto um classificado como argiloarenosa, a qual pode ser atribuída a densa vegetação ali presente, mas também a boa drenagem no solo, já que a textura arenosa também predomina e corresponde com a estrutura encontrada nesses solos. Ao abrir o perfil, muitas pedras foram encontradas no aprofundamento do perfil, assim como também foi observado a presença de muito cascalho. Também foi identificada uma quantidade de raízes considerável no horizonte superficial. Após 92 cm escavados, foi visualizado a camada Cr+, que apresentou material in situ, ou seja, material ainda em processo de intemperização, apresentando solo, porém também material da rocha de origem. Configurando dessa forma um regolítico.

A partir das amostras coletadas de cada horizonte do perfil foi possível executar análises de densidade do solo, densidade de partículas e realizar o cálculo de porosidade de cada horizonte diagnóstico. Ao se ter resultados da densidade do solo, temos a quantidade de massa de solo seco por unidade de volume, ou seja, o volume do solo ao natural (ar+água), incluindo os espaços porosos (RUIZ, H.A, 2004). Os resultados foram apresentados nas tabelas abaixo.

Ponto 2 - Sopé (Hor. A1)				
Ds	1	2	Dp	
P1	43,97	42,33	Ms	20
P2	53,97	52,33	Vb	50
P3	108,36	107,3	Vg	47,52
P4	102,4	101,33	Dp	8,064516
yt	0,9987	0,9987		
$\alpha T$	2,475248	2,48139	$\alpha TM$	2,478319
K20	1,000501	1,000501	K20	1,000501
$\alpha$	2,479559945			

Figura 35. Tabela de Densidade do Hor.A1.Fonte: Stéphanie Lima,2018

Diante do que foi observado no horizonte A1, se identificou a presença de raízes muito finas e finas e em pouca quantidade . Quanto aos poros identificou-se poucos poros muito pequenos e poucos. Neste horizonte é visível a atividade biológica das raízes no horizonte. Contudo, a atividade biológica neste horizonte não apresentou relevância, entretanto apresentou uma estrutura moderadamente desenvolvida.

Ao realizar o cálculo de densidade de partículas, ou o volume de sólidos, juntamente com o cálculo da porosidade total( figuras 35 e 36), concluiu-se que o espaço poroso é menor que o volume de sólidos, apresentando uma densidade considerada baixa. Em parte, quanto mais baixa a densidade, melhor a infiltração de água no solo, entretanto, o fato do espaço poroso ser menor do que o volume de partículas, e também tendo sido identificados poucos poros, indica redução da capacidade de infiltração de água nesse solo. Embora, não se tenha feito análise dos tipos de poros encontrados no horizonte. Já que esta capacidade não somente é definida pela quantidade poros, mas também dos tipos de poros analisados. Isto significa, que apesar de se ter uma estrutura moderadamente desenvolvida, não houve estruturação de poros relevantes neste horizonte.

RESULTADO DO CÁLCULO DE POROSIDADE (Ptotal)				
Ptotal-Ponto 2 - Sopé (Hor. 1)				
		0,692535		

Figura 36. Resultado da Porosidade Total. Fonte: Stéphanie Lima,2018

Ponto 2 - Sopé (Hor. A2)				
Ds	1	2	Dp	
P1	43,97	42,33	Ms	20
P2	53,97	52,33	Vb	50
P3	109,1	107,15	Vg	48,13
P4	101,21	102,85	Dp	10,69519
$\gamma_t$	0,9983	0,9983		
$\alpha T$	4,739336	1,754386	$\alpha TM$	3,246861
K20	1,0001	1,0001	K20	1,0001
$\alpha$	3,247186501			

Figura 37. Tabela de Densidade do Hor.A2.Fonte: Stéphanie Lima,2018

Diante do que foi observado no horizonte A2, se identificou a presença de raízes muito finas, finas e médias e em quantidade abundante . Quanto aos poros identificou-se poucos poros muito pequenos e poucos.

Ao realizar o cálculo de densidade de partículas, ou o volume de sólidos, juntamente com o cálculo da porosidade total (figuras 33 e 34), concluiu-se que o espaço poroso é menor que o volume de sólidos, apresentando uma densidade com um valor acima da média considerada baixa. Dessa forma, apesar da baixa a densidade, o fato do espaço poroso ser menor do que o volume de partículas, e também tendo sido identificados poucos poros, indica redução da capacidade de infiltração de água nesse solo. Embora, não se tenha feito análise dos tipos de poros encontrados no horizonte. Já que esta capacidade não somente é definida pela quantidade poros, mas também dos tipos de poros analisados. Ressaltando que a estrutura desse horizonte se apresenta fortemente desenvolvida, porém não suficiente para a formação de poros.

RESULTADO DO CÁLCULO DE POROSIDADE (Ptotal)				
Ptotal- Ponto 2 - Sopé (Hor. 2)				
		0,696388		

Figura 38. Resultado da Porosidade Total. Fonte: Stéphanie Lima,2018

Ponto 2 - Sopé (Hor.A3)				
Ds	1	2	Dp	
P1	44,03	42,38	Ms	20
P2	54,03	52,38	Vb	50
P3	108,47	107,37	Vg	47,42
P4	102,38	101,22	Dp	7,751938
$\gamma_t$	0,9985	0,9985		
$\alpha T$	2,557545	2,597403	$\alpha TM$	2,577474
K20	1,000301	1,000301	K20	1,000301
$\alpha$	2,578248314			

Figura 39. Tabela de Densidade do Hor.A3.Fonte: Stéphanie Lima,2018

Diante do que foi observado no horizonte A3, se identificou a presença de raízes muito finas e finas e em abundância. Quanto aos poros identificou-se poucos poros,



pequenos, médios e grandes. Neste horizonte é visível a atividade biológica das raízes no horizonte. Contudo, a atividade biológica neste horizonte não apresentou relevância, entretanto apresentou uma estrutura fracamente desenvolvida.

Ao realizar o cálculo de densidade de partículas, ou o volume de sólidos, juntamente com o cálculo da porosidade total (figuras 35 e 36), concluiu-se que o espaço poroso é minimamente menor que o volume de sólidos, apresentando uma densidade considerada baixa. Neste caso, a diferença entre o espaço poroso e o volume de sólidos é pequena, considerando o tamanho dos poros e a quantidade no horizonte. É possível que haja uma infiltração considerável de água neste horizonte. Embora, não se tenha feito análise dos tipos de poros encontrados no horizonte. Já que esta capacidade não somente é definida pela quantidade poros, mas também dos tipos de poros analisados. Isto significa, que apesar de se ter uma estrutura fracamente desenvolvida, há uma estruturação de poros neste horizonte.

RESULTADO DO CÁLCULO DE POROSIDADE (Ptotal)			
Ptotal - Ponto 2 - Sopé (Hor. 3)			
		0,667406	

Figura 40. Resultado da Porosidade Total. Fonte: Stéphanie Lima, 2018

Ponto 2 - Sopé (Hor. C)				
Ds	1	2	Dp	
P1	46,79	45,22	Ms	20
P2	56,79	55,22	Vb	50
P3	114,25	112,79	Vg	47,76
P4	105,57	106,69	Dp	8,928571
yt	0,9976	0,9993		
$\alpha T$	7,575758	2,564103	$\alpha TM$	5,06993
K20	0,999399	1,001102	K20	1,00025
$\alpha$	5,071199838			

Figura 41. Tabela de Densidade do Hor.A1. Fonte: Stéphanie Lima, 2018

Diante do que foi observado no horizonte C, se identificou a presença de raízes muito finas e finas e em pouca quantidade. Quanto aos poros identificou-se poucos poros muito pequenos e poucos.

Ao realizar o cálculo de densidade de partículas, ou o volume de sólidos, juntamente com o cálculo da porosidade total (figuras 40 e 41), concluiu-se que o espaço poroso é menor que o volume de sólidos em dobro, apresentando uma densidade considerada um pouco alta. Notando-se que não há estruturação considerável de poros neste horizonte. Embora, não se tenha feito análise dos tipos de poros encontrados no

horizonte. Isto significa, que apesar de se ter uma estrutura moderadamente desenvolvida, não possuem outros atributos para condicionamento de formação de poros.

RESULTADO DO CÁLCULO DE POROSIDADE (Ptotal)				
Ptotal - Ponto 2 - Sopé (Hor. 4)				
		0,432026		

Figura 42. Resultado da Porosidade Total. Fonte: Stéphanie Lima,2018

No que se refere a condutividade hidráulica do perfil, apenas foi possível coletar dois horizontes devido as condições naturais encontradas no momento da coleta. Portanto, coletou-se apenas amostras com os anéis volumétricos dos horizontes A1 e A2. Os dados obtidos durante o procedimento metodológico, são apresentados a seguir na tabela da figura 43.

Ponto 2 - Sopé (Horizonte A1)				Ponto 2 - Sopé (Horizonte A2)			
V	d	t	q	V	d	t	q
195	4,9	360	0,028739	215	4,9	357	0,031953
L	l	i		L	l	i	
5,3	3	-1,56604		5,3	3	-1,56604	
		Ke	54,4919			Ke	49,01103

Figura 43 . Resultado da Porosidade Total. Fonte: Stéphanie Lima,2018

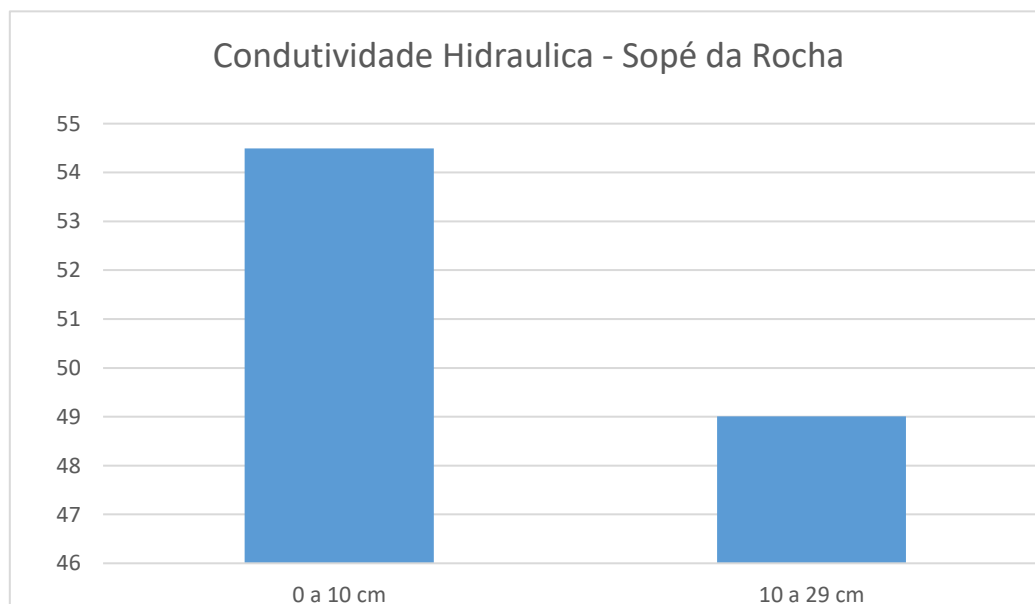


Figura 44. Condutividade Hidráulica do Sopé da Rocha. Fonte: Stéphanie Lima,2018

Foi elaborado um gráfico de condutividade com os dados obtidos no procedimento para representar essa condução hidráulica nos horizontes os quais foram possíveis de realizar a coleta (figura 44)

Ao analisar o gráfico, conclui-se que o resultado da condutividade se integra ao de porosidade total dos horizontes, uma vez que o espaço poroso do horizonte subsuperficial A1 é maior que o do horizonte A2, portanto a quantidade de poros no Hor.Bi é maior e infiltra mais água, por isso sua condutividade é maior do que no Hor. A. Ainda que o horizonte A apresente uma estruturação de raízes boa

### • TERCEIRO PONTO – ENCOSTA

O terceiro perfil de solo a ser aberto foi numa Encosta, localizada na Serra de Várzea, que fica a 17km do centro urbano de São João do Tigre. Nas coordenadas 0756272 e 9102801, a 766 m de altitude. Neste ponto, foi visualizado um ambiente pouco preservado, com uso e ocupação do solo destinado a moradia e agricultura. Assim como também uma vegetação degradada e apresentando um ligeiro processo erosivo dos solos. No que se refere ao relevo, nesta área foi identificado um relevo escarpado, com predomínio de forma abruptas, compreendendo superfícies íngremes de forma geral, sendo moderadamente pedregoso. Em que foram identificados afloramentos rochosos (figura45).

A vegetação local foi identificada como uma vegetação secundária, porém com resquícios da vegetação primária típica do ambiente referido. Foi identificado a Caatinga hiperxerófila. Classificadas como arbóreas e arbustivas, predominando as arbustivas. Assim como mostra a figura 45 abaixo.



Figura 45. Vegetação degradada em volta do perfil aberto. Fonte: Stéphanie Lima, 2018



A abertura do perfil foi feita exatamente no declive da encosta (figura 46), na qual foi identificado uma considerável quantidade de blocos rochosos aos arredores, além de uma vegetação escassa. O perfil chegou a uma profundidade de 200 cm, com aparência de um solo mal drenado, o que sugere que a água é removida lentamente, permanecendo nos solos parte do ano. Com aspecto de muito molhado.



**Figura 46. Declive na Encosta. Foto: Stéphanie Lima, 2018**

Logo após a abertura do perfil, foi executada a caracterização morfológica do solo e sua classificação de solo segundo as informações obtidas na descrição dos horizontes diagnósticos. A classe de solo encontrada, foi um Cambissolo Háplico Carbonático. Os cambissolos tem como critérios para sua classificação, solos pouco desenvolvidos e com horizonte B incipiente. Ou com pedogênese pouco avançada. A heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e condições climáticas as quais eles podem estar condicionados, permitem que sejam encontrados nos mais diversos tipos ambientes. Ao se tratar de solos Háplicos, o caracterizamos como solos que não se enquadram nas classificações comuns para Cambissolos, ou seja, não muitas descrições para este tipo de solo. Segue abaixo a tabela de descrição morfológica construída com base na ficha técnica de classificação proposta no manual técnico de pedologia do IBGE ( figura47).

Classe de Solo	horizonte		Transição		Cor	Estrutura	Consistência	Textura	Raízes	Poros
	Nome	Profundidade ( cm)	Topografia	Contraste	Úmida					
Cambissolo Háptico Distrofico Típico	A	0 -33	Plana	Gradual	10YR 4/3	Fr., MtPq, Pq, Gr, B.S.A	LgD, Fri,LPI, Lpe	Argila	MtF,F,Po, C	MtPq, Pq, Po
	Bi1	33-68	Plana	Gradual	10 YR 4/3	Fr,MtPq,Pq,M,B.S.A	LgD,Fri,PI,Pe	Fr.Arg	MtF,Po	MtPq,Po
	Bi2	68-104	Plana	Gradual	10 YR 5/3	F,G,MG,B.S.A	D,MF,PI,Pe	Argila	MtF,Po	MtPq, Po
	Bi3	104-129	Plana	Gradual	10 YR 3/3	F,G,B.S.A	D,MF, PI,Mpe	Argila	MtF,Po	Sem poros visveis
	Bi4	129-153	Plana	Gradual	10 YR 3/3	F,M,G,B.S.A	D,Fri,PI,MPe	Argila	MtF, Po	Sem poros visveis
	Bi5	153-164	Plana	Gradual	2.5Y 5/4	Mo,M,G,B.S.A	LgD,Fr,NPI,Mpe	Argila	MtF,Po,	Sem poros visveis
	Bi6	164-200+	Plana	Gradual	2.YR 5/6	Fr,M,B.S.A	IgD, Fri,NPI, Lpe	Argila	MtF,F,Po	Sem poros visveis

**Figura 47. Ficha Técnica de Solos Adpt. Fonte: Stéphanie Lima,2018**

Com base na visualização do perfil e aplicação da técnica da “apalpação” do perfil com o auxílio de um canivete, foram identificados 7 horizontes diagnósticos. Respectivamente os horizontes foram classificados em A,Bi1,Bi2, Bi3, Bi4, Bi5, Bi6. Segue abaixo a foto do perfil aberto (Figura 48).



**Figura 48. Perfil de Solos da Encosta. Fonte: Stéphanie Lima,2018**

O primeiro horizonte superficial, classificado como horizonte A, apresenta estrutura fracamente desenvolvida, com grãos muito pequenos e pequenos, do tipo granular e blocos subangulares. A consistência apresenta estrutura ligeiramente dura quando seca e friável quando úmida. Ao molhar amostra identificou-se uma consistência ligeiramente pegajosa e plástica. A textura foi classificada como argilosa



O horizonte Bi1 apresenta uma estrutura fracamente desenvolvida, formando agregados de muito pequenos a médios, do tipo subangulares. É um horizonte com presença de muito cascalho. No que se refere a consistência, os agregados se apresentam duros quando secos, muito friável, muito plástico e pegajosa.

O Bi2 apresenta estrutura forte, de agregados de tamanhos grande e muito grande do tipo subangulares. No que se refere a consistência, os agregados se apresentam duros quando secos, muito friável quando umedecidos, plástico e pegajosa.

Bi3 apresenta uma estrutura fortemente desenvolvida, de blocos subangulares grandes. No que se refere a consistência, os agregados se apresentam duros quando secos, muito friável, muito plástico e muito pegajosa.

O horizonte Bi4 apresenta estrutura fortemente desenvolvida, com blocos subangulares de tamanhos que variam de pequenos a grandes. No que se refere a consistência, os agregados se apresentam duros quando secos, muito friável, muito plástico e pegajosa.

O horizonte Bi5 apresenta uma estrutura moderadamente desenvolvida, com blocos subangulares no tamanho médio. No que se refere a consistência

O horizonte Bi6 apresenta uma estrutura fortemente desenvolvida, com formação de agregados no tamanho médios e do tipo blocos subangulares.

A partir das amostras coletadas de cada horizonte do perfil foi possível executar análises de densidade do solo, densidade de partículas e realizar o cálculo de porosidade de cada horizonte diagnóstico. Ao se ter resultados da densidade do solo, temos a quantidade de massa de solo seco por unidade de volume, ou seja, o volume do solo ao natural (ar+água), incluindo os espaços porosos (RUIZ, H.A, 2004). Os resultados foram apresentados nas



tabelas a de condutividade hidráulica, resultou que o horizonte apresenta de espaço poroso do seu volume total.

Diante do que foi observado nos horizontes A e Bi1, se identificou a presença de raízes muito finas e finas e em pouca quantidade. Quanto aos poros identificou-se poucos poros muito pequenos e poucos.

Ao realizar o cálculo de densidade de partículas, ou o volume de sólidos, de ambos os horizontes, juntamente com o cálculo da porosidade total (Figuras 49 e 50), concluiu-se que o espaço poroso é menor que o volume de sólidos, apresentando uma densidade considerada baixa. Em parte, quanto mais baixa a densidade, melhor a infiltração de água no solo, entretanto, o fato do espaço poroso ser menor do que o volume de partículas, e também tendo sido identificados poucos poros, indica redução da capacidade de infiltração de água nesse solo. Embora, não se tenha feito análise dos tipos de poros encontrados no horizonte. Já que esta capacidade não somente é definida pela quantidade de poros, mas também dos tipos de poros analisados.

Ponto 3 - Encosta (Hor. A)					Ponto 3 - Encosta (Hor. Bi1)				
Ds	1	2	Dp		Ds	1	2	Dp	
P1	46,79	45,2	Ms	20	P1	44,03	42,38	Ms	20
P2	56,79	55,2	Vb	50	P2	54,03	52,38	Vb	50
P3	114,32	112,86	Vg	47,49	P3	108,51	106,02	Vg	48,09
P4	108,18	106,78	Dp	7,968127	P4	102,42	101,33	Dp	10,4712
yt	0,9987	0,9987			yt	0,9973	0,9973		
$\alpha T$	2,590674	2,55102	$\alpha TM$	2,570847	$\alpha T$	2,557545	1,883239	$\alpha TM$	2,220392
K20	1,000501	1,000501	K20	1,000501	K20	0,999098	0,999098	K20	0,999098
$\alpha$	2,572134733				$\alpha$	2,218390008			

Figura 49. Tabela de Cálculos de Densidade. Fonte: Stéphanie Lima, 2018

RESULTADO DO CÁLCULO DE POROSIDADE				
Ponto 3 - Encosta (Hor. 1)				
0,677197				
Ponto 3 - Encosta (Hor. Bi1)				
0,788144				

Figura 50. Cálculos de Porosidade. Fonte: Stéphanie Lima, 2018

Diante do que foi observado nos horizontes Bi2 e Bi3, se identificou a presença de raízes muito finas e finas e em pouca quantidade. Quanto aos poros, identificou-se poucos poros muito pequenos e poucos no Bi2. Não foi possível identificar poros aparentes no Bi3.

Ao realizar o cálculo de densidade de partículas, ou o volume de sólidos, de ambos os horizontes Bi2 e Bi3 juntamente com o cálculo da porosidade total (Figuras 51 e 52), concluiu-se que o espaço poroso é menor que o volume de sólidos, apresentando uma

densidade considerada baixa. Em parte, quanto mais baixa a densidade, melhor a infiltração de água no solo, entretanto, o fato do espaço poroso ser menor do que o volume de partículas, e também tendo sido identificados poucos poros, indica redução da capacidade de infiltração de água nesse solo. Embora, não se tenha feito análise dos tipos de poros encontrados no horizonte. Já que esta capacidade não somente é definida pela quantidade poros, mas também dos tipos de poros analisados.

Ponto 3 - Encosta (Hor. Bi2)					Ponto 3 - Encosta (Hor. Bi3)				
Ds	1	2	Dp		Ds	1	2	Dp	
P1	44,03	42,38	Ms	20	P1	46,75	45,18	Ms	20
P2	54,03	52,38	Vb	50	P2	56,75	55,18	Vb	50
P3	108,42	107,41	Vg	47,4	P3	114,26	112,72	Vg	48,16
P4	102,4	101,27	Dp	7,692308	P4	108,22	106,67	Dp	10,86957
yt	0,9976	0,9976			yt	0,9976	0,9993		
$\alpha T$	2,512563	2,590674	$\alpha TM$	2,551618	$\alpha T$	2,525253	2,531646	$\alpha TM$	2,528449
K20	0,999399	0,999399	K20	0,999399	K20	0,999399	1,001102	K20	1,00025
$\alpha$	2,550084463				$\alpha$	2,5290823		Figura	

Figura 51. Tabela de Cálculos de Densidade. Fonte: Stéphanie Lima,2018

RESULTADO DO CÁLCULO DE POROSIDADE (Ptotal)			
Ponto 3 - Encosta (Hor. Bi2)			
0,668489			
Ponto 3 - Encosta (Hor. Bi3)			
0,767324			

Figura 52. Cálculos de Porosidade . Fonte: Stéphanie Lima,2018

Diante do que foi observado nos horizontes Bi4, Bi5 e Bi6 se identificou a presença de raízes muito finas e finas e em pouca quantidade . Quanto aos poros não foi possível identificar poros aparentes nos horizontes.

Ponto 3 - Encosta (Hor.Bi4)					Ponto 3 - Encosta (Hor.Bi5)				
Ds	1	2	Dp		Ds	1	2	Dp	
P1	44,03	42,32	Ms	20	P1	46,7	45,16	Ms	20
P2	54,03	52,32	Vb	50	P2	56,7	55,16	Vb	50
P3	108,57	107,5	Vg	47,59	P3	114,19	112,97	Vg	48,11
P4	102,4	101,31	Dp	8,298755	P4	108,2	106,7	Dp	10,58201
yt	0,9987	0,9987			yt	0,9986	0,9986		
$\alpha T$	2,610966	2,624672	$\alpha TM$	2,617819	$\alpha T$	2,493766	2,680965	$\alpha TM$	2,587365
K20	1,000501	1,000501	K20	1,000501	K20	1,000401	1,000401	K20	1,000401
$\alpha$	2,619130257				$\alpha$	2,588402179		Figura	

Figura 53. Tabela de Cálculos de Densidade. Fonte: Stéphanie Lima,2018

Ponto 3 - Encosta (Bi6)				
Ds	1	2	Dp	
P1	44,03	42,32	Ms	20
P2	54,03	52,32	Vb	50
P3	108,48	107,49	Vg	47,8
P4	102,358	101,29	Dp	9,090909
yt	0,9983	0,9983		
$\alpha T$	2,578649	2,631579	$\alpha TM$	2,605114
K20	1,0001	1,0001	K20	1,0001
$\alpha$	2,605374849			

Figura 54. Tabela de Cálculos de Densidade. Fonte: Stéphanie Lima, 2018

RESULTADO DO CÁLCULO DE POROSIDADE (Ptotal)				
Ponto 3 - Encosta (Hor.Bi4)				
0,684395				
Ponto 3 - Encosta (Hor.Bi5)				
0,755396				
Ponto 3 - Encosta (Bi6)				
0,713409				

Figura 55. Cálculo de Porosidade Total. Fonte: Stéphanie Lima, 2018

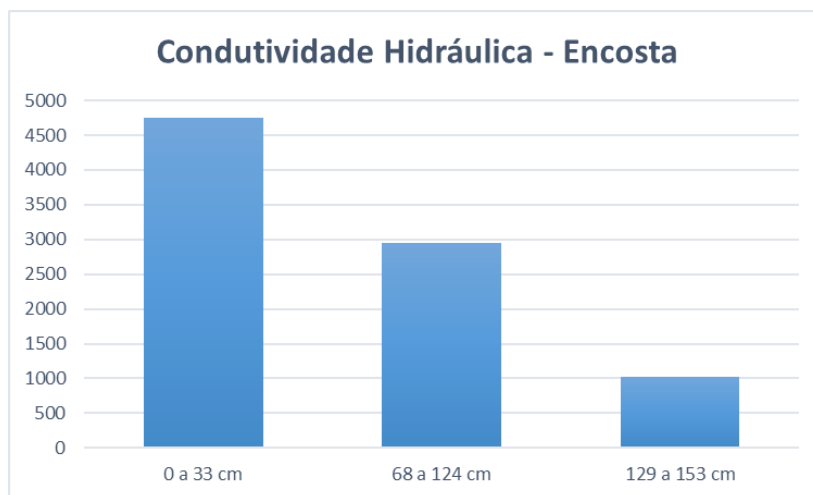
Ao realizar o cálculo de densidade de partículas, ou o volume de sólidos, para ambos os horizontes, juntamente com o cálculo da porosidade total (Figuras 54 e 55), concluiu-se que o espaço poroso é menor que o volume de sólidos, apresentando uma densidade considerada baixa. Em parte, quanto mais baixa a densidade, melhor a infiltração de água no solo, entretanto, o fato do espaço poroso ser menor do que o volume de partículas, e também tendo sido identificados poucos poros, indica redução da capacidade de infiltração de água nesse solo. Embora, não se tenha feito análise dos tipos de poros encontrados no horizonte. Já que esta capacidade não somente é definida pela quantidade de poros, mas também dos tipos de poros analisados.

A condutividade hidráulica foi um outro aspecto analisado de cada horizonte, visto a importância da água para o solo. Viu-se a necessidade de calcular a condutividade hidráulica do solo para compreender como é distribuída a água no solo e a capacidade do solo de conduzir essa água. Segue abaixo o esquema de cálculos realizados para obtenção da condutividade.

Ponto 3 - Encosta (Horizonte A)				Ponto 3 - Encosta (Horizonte 2)				Ponto 3 - Encosta (Horizonte 3)			
V	d	t	q	V	d	t	q	V	d	t	q
100	5	16100	0,00033	215	4,9	21480	0,000531	165	4,9	5700	0,001536
L	l	i		L	l	i		L	l	i	
5,3	3	-1,566037736		5,3	3	-1,566037736		5,3	3	-1,56604	
		Ke	4752,148			Ke	2948,899			Ke	1019,659

A condução de água no solo será direcionada justamente pela capacidade física do solo de absorver água. Dessa forma foi elaborado um gráfico de condutividade com os dados obtidos no procedimento para representar essa condução hidráulica nos horizontes os quais foram possíveis de realizar a coleta de material. O gráfico está representado na figura 53.





**Figura56. Gráfico de Condutividade Hidráulica. Fonte: Stéphanie Lima, 2018**

Ao tratar dos dados de condutividade hidráulica deste perfil, foi obtido um resultado em que o horizonte A apresentou maior condutividade ou maior capacidade de infiltração de água em relação demais horizontes. Isto porque, apesar do valor da sua densidade do solo ser maior que os dos demais, é que o espaço poroso é maior que o dos demais horizontes. Considerando a relação espaço poroso e volume de partículas no solo, os valores encontrados do horizonte A são mais ideais e indicam uma melhor infiltração. Assim como é visto no gráfico de condutividade.

#### • QUARTO PONTO – PEDIMENTO

O quarto perfil de solo a ser aberto foi num Pedimento, o ponto é numa propriedade que está localizada no distrito de Cacimbinha em São João do Tigre. Nas coordenadas 0759463 e 9115906, a 649 m de altitude. Neste ponto, foi visualizado um ambiente pouco preservado, com uso e ocupação do solo destinado a moradia e agricultura. Assim como também uma vegetação degradada e apresentando um ligeiro processo erosivo dos solos. No que se refere ao relevo, nesta área foi identificado um relevo escarpado, com predomínio de forma abruptas, compreendendo superfícies íngremes de forma geral, sendo moderadamente pedregoso. Em que foram identificados afloramentos rochosos (figura57).

A vegetação local foi identificada como uma vegetação secundária, porém com resquícios da vegetação primária típica do ambiente referido. Foi identificado a Caatinga hiperxerófila. Classificadas como arbóreas e arbustivas, predominando as arbustivas. Assim como mostra a figura 57 abaixo.



**Figura57. Vegetação na área de pedimento. Fonte: Stéphanie Lima, 2018**

A abertura do perfil foi feita numa área pedimentar (figura58), que fica próxima a área de nascente do Riacho do Tigre. Foi identificado quantidade de blocos rochosos aos arredores, além de uma vegetação alterada. O perfil alcançou a profundidade de 59+cm, com aparência de um solo bem drenado, apesar das chuvas ocorridas recentemente no local, não apresentou aspecto molhado. O que sugere é que a água é removida facilmente desse solo.



**Figura58. Área de pedimento. Fonte: Stéphanie Lima, 2018**

Logo após a abertura do perfil, foi executada a caracterização morfológica do solo e sua classificação solo segundo as informações obtidas na descrição dos horizontes diagnósticos. A classe de solo encontrada, foi um Neossolo Regolítico Eutrofico Tipico. Os Neossolos têm como critérios para sua classificação, solos pouco desenvolvidos e sem horizonte diagnóstico. São solos em via formação, seja pela reduzida atuação dos processos pedogenéticos ou por características inerentes ao material originário. Também



não apresentam características suficientes para caracterização de atributos diagnósticos. As categorias de classificação distrófico e típico corresponde a descrição de neossolos regolíticos, pois não apresentam muitas funcionalidades no ambiente, não por isso, mas também são classificados assim pois não se enquadram em outros aspectos de descrição. Segue abaixo a tabela com base na ficha técnica de descrição morfológica de solos proposta no Manual Técnico de Pedologia do IBGE.

Classe de Solo	horizonte		Transição		Cor	Estrutura	Consistência	Textura	Raízes	Poros
	Nome	Profundidade (cm)	Topografia	Contraste	Úmida					
Neossolo Regolítico Eutrófico Típico	A1	0-13	Plana	Gradual	7.5YR 5/8	Fr,Pq,MB,S,A	LgD, Fri, NPI, Pe	Fra.Aren	MtF,Po	MtPq,Po
	A2	13-24	Plana	Gradual	7.5YR 5/7	Mo,MtPq,Pq,Gr,B,S,A	S,Fri,NPI,Lpe	Fra.Aren	MtF,F, M,Po	Sem poros visíveis
	Cr+	24-59+	-	-	-	-	-	-	-	-

**Figura 59. Ficha Técnica de descrição de solos. Fonte: Stéphanie Lima,2018**

Com base na visualização do perfil e aplicação da técnica da “apalpação” do perfil com o auxílio de um canivete, foram identificados 3 horizontes diagnósticos. Respectivamente os horizontes foram classificados em A1, A2 Segue abaixo a foto do perfil aberto (Figura 60).



**Figura 60. Perfil do Pedimento. Fonte: Stéphanie Lima,2018**

Neste perfil com profundidade de 9+ cm, foram identificados 3 horizontes diagnósticos, sendo esses A1, A2 e Cr+. O horizonte A1 de espessura menor, apresenta uma estrutura fracamente desenvolvida, de grãos pequenos e médios, do tipo blocos subangulares. A textura do material desse horizonte foi classificada como francoarenosa,

sendo observado claramente a presença de cascalho dentre os grãos, por isso também recebendo a classificação de cascalhento.

O Hor.A2 apresenta estrutura moderadamente desenvolvida, de grãos muito pequenos e pequenos, do tipo subangular. A textura foi classificada como também francoarenosa, pela predominância do material, neste caso o horizonte apresentou muito cascalho.

Considerando os valores obtidos para o cálculo da densidade real, densidade de partículas e porosidade total, foi obtido os seguintes resultados:

Ponto 4 - Pedimento (Hor.A1)				
Ds	1	2	Dp	
P1	45,18	46,73	Ms	20
P2	55,18	56,73	Vb	50
P3	112,78	114,23	Vg	48,491
P4	106,66	108,18	Dp	13,25381
yt	0,9985	0,9985		
$\alpha T$	2,57732	2,531646		
K20	1,000301	1,000301	$\alpha TM$	2,554483
$\alpha$	2,555250305		K20	1,000301

Figura 61. Tabela de Cálculo de Densidade. Fonte: Stéphanie Lima,2018

RESULTADO DO CÁLCULO DE POROSIDADE (Ptotal)				
Ponto 4 - Pedimento (Hor. )				
0,807206				
Ponto 4 - Pedimento (Hor. 2)				
0,786823				

Figura 62. Cálculo da Porosidade Total. Fonte: Stéphanie Lima,2018

Ponto 4 - Pedimento (Hor. A2)				
Ds	1	2	Dp	
P1	45,2	46,75	Ms	20
P2	55,2	56,75	Vb	50
P3	112,88	114,29	Vg	48,365
P4	106,66	108,19	Dp	12,23242
yt	0,9993	0,9993		
$\alpha T$	2,645503	2,564103		
K20	1,001102	1,001102	$\alpha TM$	2,604803
$\alpha$	2,607673054		K20	1,001102

Figura 61. Tabela de Cálculo de Densidade. Fonte: Stéphanie Lima, 2018

RESULTADO DO CÁLCULO DE POROSIDADE (Ptotal)				
Ponto 4 - Pedimento (Hor. )				
0,807206				
Ponto 4 - Pedimento (Hor. 2)				
0,786823				

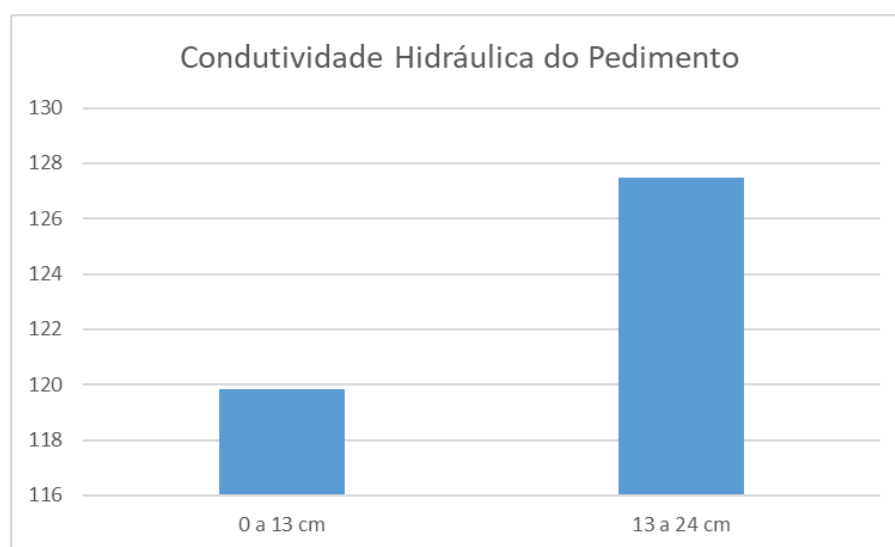
Figura 62. Cálculo da Porosidade Total. Fonte: Stéphanie Lima, 2018

A densidade real do horizonte A2 apresenta diferença mínima relacionado a densidade calculada do horizonte A1, o espaço poroso nos dois horizontes pode ser considerado relevante a condução de água. Já que ambos apresentam resultados favoráveis a quantidade de poros no solo, o A1 com 80,7% de espaço poroso e o A2 com 78,6% de espaço poroso. Uma vez que a quantidade de poros é o melhor indicador de boa ou má condução de água no solo, não se pode isolar a importância das raízes neste processo, a presença de vegetação ou atividade biológica é de extrema importância para a estrutura do sistema pedológico. O processo de condução de água é resultado de interações dos elementos do solo. Segue abaixo, na figura o gráfico de condutividade hidráulica elaborado mediante os dados, dos dois únicos horizontes possíveis para coleta.

A condutividade hidráulica foi um outro aspecto analisado de cada horizonte, visto a importância da água para o solo. Viu-se a necessidade de calcular a condutividade hidráulica do solo para compreender como é distribuída a água no solo e a capacidade do solo de conduzir essa água. Segue abaixo o esquema de cálculos realizados para obtenção da condutividade (figura 62).

Ponto 4 - Pedimento (Horizonte A1)				Ponto 4 - Pedimento (Horizonte A2)			
V	d	t	q	V	d	t	q
170	4,5	801	0,013351	250	4,5	1253	0,012551
L	l	i		L	l	i	
5	3	-1,6		5	3	-1,6	
		Ke	119,839			Ke	127,4752

A condução de água no solo será direcionada justamente pela capacidade física do solo de absorver água. Dessa forma foi elaborado um gráfico de condutividade com os dados obtidos no procedimento para representar essa condução hidráulica nos horizontes os quais foram possíveis de realizar a coleta de material. O gráfico está representado na figura 63.



**Figura 63. Gráfico de Condutividade Hidráulica. Fonte: Stéphanie Lima, 2018**

Ao tratar dos dados de condutividade hidráulica deste perfil (figura 63), foi obtido um resultado em que o Hor.A2 apresentou maior condutividade ou maior capacidade de infiltração de água. Apesar da densidade ser menor no primeiro horizonte, assim como seu espaço poroso ser maior, e, portanto, subentender que ele seria um melhor condutor de água. O segundo horizonte, possui mais cascalho e raízes de porte médio. Enquanto no Hor.A1 as raízes estão entre muito finas e finas. Considerando o fato de que as raízes são condutoras de água, quanto mais presença de raízes no solo, melhor condutor de água ele será.

Mediante os resultados obtidos, observa-se que as classes de solos encontradas nos perfis de solos nos 4 pontos analisados, foram os Neossolos e Cambissolos. Após as análises e uniões de resultados, os perfis que apresentaram os cambissolos apresentaram melhor condutividade hidráulica em relação aos Neossolos. Entretanto a diferença de

capacidade foi mínima entre eles. Todas as classificações encontradas foram identificadas de acordo com a literatura.

A textura e a porosidade são os principais fatores que condicionam a capacidade de infiltração dos solos, vistos os resultados obtidos. Os solos de textura fina, como os argilosos franco-argilosos e os franco-siltosos, geralmente possuem menor densidade em relação aos arenosos. Isso acontece porque as partículas dos solos com textura fina tendem a organizar-se em unidades estruturais porosas, sobretudo se possuem um teor de matéria orgânica adequado. Nesses solos bem-agregados, existem poros entre e dentro dos agregados. Essa condição garante um grande espaço poroso total, fazendo com que a densidade do solo seja baixa. Entretanto, em solos arenosos, o conteúdo de matéria orgânica é geralmente baixo, as partículas sólidas estão menos predispostas a formarem agregados, e a sua densidade é normalmente mais alta do que nos de textura mais fina. Quantidades similares de poros grandes estão presentes tanto em solos arenosos como nos de textura fina e bem-agregados, mas os arenosos possuem menos poros no interior de seus agregados e, por isso, apresentam menor porosidade total (WEIL, et.al,2004)

Nos perfis do Topo e do Sopé da Rocha, que são área mais vegetadas, observou-se que os horizontes superficiais apresentaram uma melhor condutividade hidráulica comparado aos demais horizontes. Portanto, pode-se dizer que se tem a vegetação como maior indicador de intercepção da água nos solos neste local. Isto porque, as raízes como condutoras de águas elas podem ser muito eficientes, de modo que assim como os poros, dependendo do seu tipo e tamanho elas pode tanto absorver água quanto transportar água em boa quantidade.

No perfil da encosta, no qual se teve dificuldade de coletar amostras pelos anéis volumétricos dos horizontes, observou-se que o horizonte de maior condutividade hidráulica visto os três horizontes analisados, o horizonte superficial apresentou maior condutividade hidráulica. De forma generalista, podemos dizer que a textura encontrada por todo o perfil é argilosa, o que explica a alta densidade de alguns horizontes. Não somente por isso, mas pelo que se foi observado durante as análises de condutividade, em que foi visto que o tempo para o escoamento de água nas três amostras de horizontes coletadas foi bastante lento. De forma geral, é possível concluir que a declividade da encosta neste caso influencia bastante quanto ao escoamento superficial da água na encosta, um dos indicadores que este ponto recebe muita água, é a construção de um poço d'água logo abaixo da encosta.

No perfil do sopé, foi visualizado um material mais arenoso, em que logo se chegou ao contato lítico. Os horizontes que foram possíveis coletar, apresentaram boa condutividade hidráulica. Só que diferente dos perfis de áreas mais vegetadas, o horizonte subsuperficial neste caso foi que apresentou maior condutividade hidráulica.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ideia do trabalho partiu da necessidade primeiramente de se obter informações para o banco de dados do semiárido paraibano. Mais precisamente, da sub-bacia hidrográfica Riacho do Tigre localizada no município de São João do Tigre, no Cariri oriental. Posteriormente a ideia se baseou na necessidade de obter dados pedohidrológicos da bacia, visto a escassez de dados locais de solos. Portanto, o objetivo principal foi de entender o escoamento superficial e capacidade de infiltração dos solos encontrados nos pontos escolhidos na bacia.

Foram 5 os objetivos específicos propostos no trabalho, em que juntos previam responder as questões de como se dava o escoamento superficial e a capacidade de infiltração de água dos solos encontrados. Que foram esses: caracterização morfológica, condutividade hidráulica, densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total. Na prática, só foi possível cumprir com os objetivos propostos, de modo que optou-se por adaptar estes materiais, por motivos pertinentes. Entretanto, de forma geral, foi possível alcançar resultados com as análises que foram possíveis serem feitas de acordo as condições, visto que esses resultados foram relevantes para a obtenção do objetivo geral.

Com os resultados encontrados foi possível obter informações prévias sobre como se dá o escoamento superficial na bacia mediante a encosta. De forma que o Topo e a Encosta apresentam maior capacidade de condutividade hidráulica considerando todos os horizontes coletados e analisados. Logo em sequência o Sopé da Rocha apresenta ainda melhor condutividade do que o Pedimento. Isto considerando o declive, a vegetação e o uso desses ambientes.

No que se refere a área do Topo analisada não foi observado uso ou ocupação dessa área ou do solo. Foi também observado que a vegetação era primária e preservada. Visto que, um ambiente onde a vegetação é preservada e densa, a probabilidade de produção de matéria orgânica neste lugar pode ser considerável. Além de ser um indicador de que naquela área tende a ter mais água armazenada devido a interceptação da vegetação. Fator esse, que também propicia o funcionamento de atividades biológicas no solo.

No que se refere a área de Encosta, o local exato do perfil não era muito vegetado, porém ao redor se encontrava uma quantidade de vegetação considerável, só não muito preservada. É uma área em que foi observado o uso do solo para plantação aos arredores do local do perfil, muito possivelmente devido a quantidade de água que ali acumula.

Notando-se também na área a presença de vegetação arbórea de porte médio e grande. Quanto ao solo encontrado no perfil da encosta, notou-se pela água do poço d'água existente logo abaixo da encosta, que ele serve de filtro para a água que escoar do sopé e do topo, pois observou-se uma cor quase cristalina da água que acumula neste poço. Este é um aspecto identificado visualmente que serviu para comprovar a textura argilosa que foi classificada na caracterização morfológica do perfil.

Quanto ao sopé da rocha apresentar melhor condutividade hidráulica do que o pedimento mediante a análise geral dos perfis, este fator pode ser atribuído ao aspecto de vegetações mais densa e preservada encontrada no sopé da rocha. Mais uma vez voltando as questões das funções da vegetação e atividade biológicas de modo geral.

Em suma, o trabalho apresentou informações iniciais para um desenvolvimento de uma pesquisa mais detalhada sobre o tema e também para descrição de solos da bacia. Visto que, ainda que seja inicial o trabalho, já irá servir para compor o banco de dados da bacia e da base para outros possíveis trabalhos sobre a região.



## REFERÊNCIAS

AMORIN. **Um Novo Olhar Na Geografia Para Os Conceitos e Aplicações de Geossistemas, Sistemas Antrópicos e Sistemas Ambientais.** Caminhos de Geografia Uberlândia v. 13, n. 41 mar/2012 p. 80 – 101 Página 80

AMORIM, R. R; OLIVEIRA, R. C. **Unidades de paisagem como uma categoria de análise geográfica: o exemplo do município de São Vicente-SP.** Sociedade & natureza; Uberlândia, p.177-198, dez. 2008.

ANDRADE-LIMA, D. Vegetação. In.: **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA & CONSELHO NACIONAL DE GEOGRAFIA**, Ed. Atlas Nacional do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE/CNG, Folha II. 1966.11p.

ANDRADE-LIMA, D. **Contribution to the study of the flora of Pernambuco, Brazil.** New York: NY. State University of New York, 1954, 131 f. Dissertation (Máster Science)- State University of New York, 1954.

ALVES, J. J. Amâncio. **CAATINGA DO CARIRI PARAIBANO.** Geonomos: Revista do centro de pesquisa Professor Manoel Teixeira da Costa, Universidade Federal de Minas Gerais, p.1-7, set 2009.

BERTALANFFY, Ludwig von, **Teoria Geral dos Sistemas.** Petrópolis, Editora Vozes, 2º Edição, 1975.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global**, 1992

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global.** R. RA'E GA, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Editora UFPR

BERTALANFFY, L.V. An Outline of General System Theory. **British Journal for the Philosophy of Science**, v.1, 1950. p. 114-129. Disponível em: <[http://www.isnature.org/Events/2009/Summer/r/Bertalanffy1950-GST\\_Outline\\_SELECT.pdf](http://www.isnature.org/Events/2009/Summer/r/Bertalanffy1950-GST_Outline_SELECT.pdf)> Acesso em: 12 set 2016.

BRADY,C.;WEIL,R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. 3ed. Porto Alegre: Bookman,2013

CALVACANTI, Lucas C. S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. 1ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.p96.

CALVACANTI, Lucas C. S. **Geossistemas do Semiárido Brasileiro: Considerações Iniciais**. **Caderno de Geografia**. 26. 214. 10.5752/p.2318-2962.2016v26nesp2p214. **Ministério do Meio Ambiente ( MMA)**. Outros Tipos de Zoneamento. Disponível em: < [www.mma.gov.br/informma/item/8188-outros-tipos-de-zoneamento](http://www.mma.gov.br/informma/item/8188-outros-tipos-de-zoneamento) > . Acesso em : 7 de Janeiro de 2018

CARDOSO DA SILVA, T. **Contribuição da geomorfologia ao estudo dos ambientes da caatinga**. In: I Simpósio sobre a Região da Caatinga. Anais de trabalhos completos. Feira de Santana, 50 – 72, 1986.

COELHO, J.A.F. **RELAÇÃO SOLO E PAISAGEM NO BIOMA CAATINGA**

COHEN, MARIANNE; DUQUE, GHISLAINE. 2001. **Le deux visages du Sertão: Stratégies paysannes face aux sécheresses (Nordeste du Brésil)**. Paris, Éditions de L'IRD.

CORRÊA, A.C.B.; SOUZA, J.O.P.; CAVALCANTI, L.C.S. Solos do Ambiente Semiárido Brasileiro: Erosão e Degradação a Partir de uma Perspectiva Geomorfológica. In: GUERRA, A.J.T.; JORGE, M.C.O. (Org.). **Degradação dos Solos no Brasil**. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p.127-169

CHERKASHIN, A.K. **Geographical systemology: formation rules for system ontologies**. **Geography and natural resources**. v.29, n2. 2008. p.110-115.4-

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1980

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1999

CPRM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de São João do Tigre, Estado da Paraíba**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005

DNER- ME 093/94 – **“Solos – Determinação da Densidade Real”**. Departamento Nacional de Infraestrutura dos Transportes. Rio de Janeiro.

FERREIRA, P.A. Drenagem de terras agrícolas. Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 211p.

Caputo, H.P. **Mecânica dos Solos e suas Aplicações**. Volume 1- 5ª Edição. Livros Técnicos e Científicos Editora. **Rio de Janeiro, 1980**

FIERZ, M. M. **A teoria do equilíbrio dinâmico em geomorfologia**. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 19, n. 3, p. 605-629, mês. 2016. ISSN 2179-0892

GOMES, M.A.F. 1979. **Padrões de Caatinga nos Cariris Velhos - Paraíba**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 88p

**Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos/** organização, Antonio José Texeira Guerra e Sanda Baptista da Cunha- 3ª edi.- Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

**Hidrologia: ciência e aplicação 2.ed./** organizado por Carlos E.M.Tucci – Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997.- ( Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4)

LIMA, J. L. S. **Reconhecimento de trinta espécies arbóreas e arbustivas da caatinga, através da morfologia da casca**. Recife- PE, 1982. 140 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1982

LEPSCH, Igo F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

**Manual Técnico de Pedologia: guia prático de campo/IBGE** Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE 2015. 134 p.

MILLER, J. G. Living Systems: Basic Concepts. **Behavioral Science**. v. 10. 193-237p.1965.

MORIN, Edgard. **O método: a natureza da natureza**. Lisboa. Publicações Europa-América, 1977. (Coleção Biblioteca Universitária).14-Cavalcanti e Rodriguez (1997)

QUARESMA. C. C. **Organizações espaciais físico/naturais e fragilidades de terras sob cerrado: abordagem sistêmica aplicada à escala local**. 138p. (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2008.**19- Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos/ organização, Antonio José Texeira Guerra e Sanda Baptista da Cunha- 3ª edi.- Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.**

RUIZ, H.A . SOL 640 – Física do Solo – . Aulas Teóricas - Reprodução de Transparências. UFV/DPS,2006.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 8.ed., 3º reimpressão. São Paulo: Contexto, 2010.

ROSS, J.L.S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. Editora Oficina de Textos, 2009. São Paulo.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação 2.ed.** Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997. ( Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v4)

VITTE, A.C. **Da Metafísica da Natureza a Gênese da Geografia Física Moderna**. Geografia – Ano VIII – N.15 – 2006.

VITTE, A.C. **O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 06, número 11, 2007

VASCONCELOS, J.O. **Zoneamento e Caracterização da Bacia Hidrográfica de São João do Tigre.** Vasconcelos et al., REGNE, Vol.2, N° Especial (2016)